



M 2014

LEAN CONSTRUCTION EM OBRAS PÚBLICAS

AMADEU DANIEL DE SOUSA FERREIRA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

Lean Construction em Obras Públicas

Amadeu Daniel De Sousa Ferreira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Professor Doutor José António de Sousa Barros Basto

Orientador na XC Consultores: Engenheiro Luís Gonçalves Ferreira Gomes



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2014-06-23

Aos meus irmãos e à Rosa Emília.

Resumo

As necessidades de melhorias no desempenho e resultados das empresas, face a cada vez maior competitividade nos mercados da construção civil, geraram um interesse acrescido em torno de: -evolução dos processos produtivos; -correto planeamento e organização; -implementação de controlo de qualidade; - diminuição de desperdícios.

Amplamente difundida na indústria da manufatura, a filosofia *Lean* tardou em ser aplicada no setor da construção, uma indústria com várias ineficiências e desperdícios inerentes às dificuldades do contexto do processo produtivo.

Desde os anos 90 que existem vários estudos científicos sobre o *Lean Construction*, mas a sua aplicação real ainda não está muito enraizada no setor da construção.

Nesta dissertação será tratado um caso prático realizado numa obra pública em África, onde foram implementadas diferentes ferramentas inerentes à filosofia *Lean*, e apresentada uma análise sucinta aos resultados observados em diferentes setores da referida obra.

O caso de estudo permite reconhecer que esta metodologia (*Lean Construction*) é aplicável na empresa em questão, permitindo melhorar a competitividade sem a necessidade de grandes investimentos. No entanto, devem ser tomados em consideração os seguintes pontos: localização da obra, tipo de estrutura a realizar (viadutos, edifícios, barragens) e construção em parcerias com culturas organizacionais semelhantes.

Lean Construction in Public Works

Abstract

The need for improvements in performance and corporate results, given the increasing competitiveness in the construction markets, have generated an increased interest around:- evolution of production processes; -Proper planning and organization; -Implementation of quality control; - Reduction of wastes.

Widespread in the manufacturing industry, Lean philosophy take long to be applied in the construction sector, an industry with several inefficiencies and waste inherent to the difficulties of the context of the production process.

Since the 90s there are several scientific studies on Lean Construction, but their effective implementation is still not very adopted in the construction sector.

In this dissertation will be discussed a case study conducted in a public work in Africa, where different tools inherent to the Lean philosophy were implemented, and presented a succinct analysis of the results observed in different sectors of the public work.

The case study allows us to recognize that this methodology (Lean Construction) is applicable to the company involved, allowing to improve competitiveness without the need for large investments. However, the following points should be taken into consideration: location of work, type of structure to carry out (bridges, buildings, dams) and building partnerships with similar organizational cultures.

Agradecimentos

O primeiro agradecimento vai para a FEUP, XC Consultores e Zagope que estiveram diretamente envolvidas no trabalho realizado e que permitiram o meu crescimento e valorização pessoal.

Apresento o meu reconhecimento e estima pelo Professor José Barros Basto, orientador desta dissertação, por todo acompanhamento, disponibilidade e principalmente pelo incentivo dado nas etapas críticas deste trabalho.

À XC Consultores, o meu agradecimento ao Engenheiro António Cruz pela oportunidade dada de efetuar a minha dissertação no estrangeiro e ao meu orientador da empresa, o Engenheiro Luís Gomes pela disponibilidade, pelos conhecimentos e conselhos transmitidos.

À Zagope, por permitir efetuar a minha dissertação numa das suas obras e por cobrir os meus custos de alimentação e alojamento durante o projeto, contribuindo para a operacionalidade do meu estudo e trabalho. Agradecimento especial a todos os colaboradores da obra de Ewo que dedicaram muito do seu tempo às minhas intervenções, muitas vezes em horário pós-laboral. Apresentaram excelentes ideias e foram cooperantes e empenhados na hora de implementar.

Aos meus irmãos, pelos sacrifícios, pelos conselhos dados e apoio incondicional. Sem vocês, nunca teria chegado aqui.

Grato a todos aqueles, que apesar de não serem mencionados, contribuíram para o sucesso deste projeto.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da XC Consultores Lda	1
1.2	O Projeto Lean Constrution na Zagope.....	2
1.3	Método seguido no projeto.....	3
1.4	Estrutura da dissertação	3
2	Estado do conhecimento.....	4
2.1	Introdução	4
2.2	Lean Thinking.....	4
2.3	Princípios Lean Thinking.....	5
2.4	Principais perdas nos sistemas produtivos	6
2.5	Valor.....	7
2.6	Natureza específica da construção	8
2.7	Lean aplicado à construção: Lean Construction	9
2.8	Barreiras à Implementação Lean	10
2.9	Ferramentas Lean	11
2.9.1	Last Planner.....	11
2.9.1.1	Fases do Last Planner.....	11
2.9.1.1.1	Plano Geral.....	12
2.9.1.1.2	Plano de Antevisão.....	12
2.9.1.1.3	Plano Semanal de Trabalho	12
2.9.1.1.4	Percentagem de planeamento concluído	13
2.9.2	Just in time.....	14
2.9.3	5S.....	14
2.9.4	Gestão Visual	15
2.9.5	Kaizen.....	15
2.10	Gestão convencional Vs Lean Construction.....	15
3	Estudo do Caso Prático <i>Lean Construction</i>	16
3.1	Descrição da obra	16
3.2	Planeamento.....	19
3.2.1	Descrição do processo inicial	19
3.2.2	Novo planeamento.....	21
3.3	Manutenção	25
3.3.1	Estado inicial.....	26
3.3.2	Melhorias	27
3.4	Logística.....	31
3.4.1	Estado inicial.....	31
3.4.2	Melhoria	31
3.5	Central de Britagem	33
3.5.1	Estado inicial.....	33
3.5.2	Melhoria	35
3.6	Frente de obra.....	36
3.6.1	Bi-couche.....	36
3.6.1.1	Estado inicial.....	36

3.6.1.2 Melhoria	37
3.6.2 Colocação do lancil.....	38
3.6.2.1 Estado inicial.....	39
3.6.2.2 Melhoria	39
3.6.3 Lancil T2CS2	40
3.6.3.1 Estado inicial.....	40
3.6.3.2 Melhorias	41
4 Considerações finais	42
4.1 Avaliação de resultados	42
4.2 Limitações de estudo	42
4.3 Recomendações para trabalhos futuros.....	43
5 Referências	44
ANEXO A: Traçado da estrada por construir (PK 0+000 ao PK 30+000).....	46
ANEXO B: Construção de uma obra rodoviária	47
ANEXO C: Modelo <i>standard</i> implementação <i>Last Planner</i>	52
ANEXO D: Índice de pluviosidade	53
ANEXO E: Plano inspeção mecânica	54
ANEXO F: Inspeção mecânica <i>Dumper</i>	55
ANEXO G: Inspeção mecânica de giratória	56
ANEXO H: Inspeção mecânica de uma motoniveladora	57
ANEXO I: Estudo de poupança instalação PK 20+000	58
ANEXO J: Procedimento do quadro gestão consumíveis	59
ANEXO L: Padrões de equipa da Central de Britagem	60

Siglas

ACE	Agrupamento Complementar de Empresas
FO	Frente de Obra
LC	<i>Lean Construction</i>
LP	<i>Last Planner</i>
LPS	<i>Last Planner System</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PPC	Percentagem Planeado Concluído
SM	Solicitação de Material
T.D.S	Treino de Segurança

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização da obra.	3
Figura 2 - <i>A casa do TPS</i>	5
Figura 3 - Os 5 princípios <i>Lean</i>	6
Figura 4 - Diferentes fases do Planeamento no <i>Last Planner</i> (Ferreira, 2010).	11
Figura 5 - Condicionantes na execução de uma atividade.	13
Figura 6 - Controlo de melhoria e aprendizagem.	14
Figura 7 - Organograma do Agrupamento <i>Zagope/Escom</i>	17
Figura 8 - Perfil transversal de aterro.	17
Figura 9 - Perfil transversal de uma escavação.	18
Figura 10 - Classificação dos diferentes setores de obra.	18
Figura 11 - Planeamento semanal inicial da obra.	20
Figura 12 - Documento de adjudicação de trabalho a sub-empregueiros.	20
Figura 13 - Protótipo do plano semanal.	21
Figura 14 - Visualização gráfica para não conclusão atividades.	22
Figura 15 - Esquema simplificado do LPS (Ferreira, 2010).	23
Figura 16 - Formação do <i>Last Planner</i> aos encarregados.	23
Figura 17 - Localização do LP na sala de reuniões.	25
Figura 18 - Organograma departamento Manutenção.	26
Figura 19 - Quadro gestão de vales.	27
Figura 20 - Quadro gestão visual alocação peças.	28
Figura 21 - Implementação estaleiro frente de obra.	29
Figura 22 - Programação semanal da rampa.	29
Figura 23 - Escala de intervenção PK 20+000.	30
Figura 24 - 5S na Manutenção.	30
Figura 25 - Caixas de material para aplicação direta.	32
Figura 26 - Quadro gestão estado das SM's.	32
Figura 27 - Quadro gestão de consumíveis.	33
Figura 28 - Pedreira.	34
Figura 29 - Causas de perdas do britador em 2013.	34
Figura 30 - Atrelado camião bi-couche.	37
Figura 31 - Processo atual colocação bi-couche.	37
Figura 32 - Alteração da caçamba do camião.	38
Figura 33 - Percurso da colocação da bi-couche.	38

Figura 34 - Logística de entrega de lancis.	39
Figura 35 - Transporte para posicionamento lancil.	39
Figura 36 - Pega de lancis.	40
Figura 37 - Exemplo de um lancil T2CS2.....	40
Figura 38 - Construção de lancil T2CS2	41
Figura 39 - Molde T2CS2.....	41
Figura 40 - Exemplo de uma escavação	48
Figura 41 - Fiscalização de uma camada de aterro.....	48
Figura 42 - Aterro após ocorrência de chuva	49
Figura 43 - <i>Dallot</i>	50
Figura 44 - Impregnação.....	51
Figura 45 - Camada de <i>Tout Venant</i>	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Barreira na aplicação <i>Lean</i> à construção	10
Tabela 2 - Informação geral da obra.....	16
Tabela 3 - Constatações sobre o procedimento de sub-empregados.....	21
Tabela 4 - Datas para as reuniões do novo plano.	24
Tabela 5 - Pontos fortes na aplicação de padrão de trabalho.....	28
Tabela 6 - Resultados da aplicação no setor de logística.	32
Tabela 7 - Resultados da aplicação quadro consumíveis.	33
Tabela 8 - Levantamento de tempos das operações na central britagem.....	35
Tabela 9 - Monitorização de indicadores da Central de Britagem.	36

1 Introdução

A indústria da construção tem uma importância considerável na economia de um país, não só na influência do seu produto interno bruto (*PIB*) nacional mas também como um setor gerador de bastantes postos de trabalho.

De acordo com o Banco de Portugal, em 2012 o conjunto das 100 maiores empresas em Portugal, em termos do volume de negócios, integrava 7 empresas do setor da construção. Essas empresas pertenciam, sobretudo, ao segmento da Engenharia Civil tendo em representação 11% das pessoas ao serviço e 4% do volume de negócios das Top 100.

Numa altura conturbada da economia portuguesa, muitas das empresas do setor da construção civil viram-se obrigadas a alargarem novos horizontes e aventurarem-se em busca de novos mercados que são cada vez mais exigentes. Esta indústria continua a ser caracterizada pelo incumprimento de prazos, falta de mão-de-obra especializada e uma enorme quantidade de desperdícios.

Para combater essas dificuldades, o setor da construção civil tem recorrido a novas técnicas de melhoria contínua com o intuito de reduzir os desperdícios existentes num setor que tradicionalmente é relutante à mudança.

Os resultados obtidos pela indústria da manufatura que utilizaram as bases e os conceitos da filosofia *Lean* estimularam outras atividades, como é o caso do setor da construção, para que passassem a utilizar as mesmas ferramentas. Desde os anos 90 que existem vários estudos científicos sobre esta temática mas a sua aplicação real ainda não está muito disseminada no meio.

O objetivo deste plano de trabalhos é o estudo e verificação da aplicabilidade da filosofia *Lean* numa obra rodoviária de grande envergadura em África.

O autor optou por intervir nos setores críticos da obra em curso, nomeadamente no planeamento e na produção de forma a conseguir melhorias que diminuam o prazo de entrega e promovam a redução de desperdícios e a melhoria da produtividade.

1.1 Apresentação da XC Consultores Lda.

A XC Consultores Lda. é uma empresa de consultadoria que iniciou a sua atividade em 1996 e tinha como atividade principal a prestação de serviços de consultadoria na área da Qualidade.

A evolução do mercado e a necessidade de as empresas serem mais produtivas propiciaram a ramificação em duas áreas de negócio complementares:

- A implementação de Sistemas de Gestão, Qualidade, Ambiente e Segurança, visando a certificação das empresas de acordo com as respetivas normas;
- A implementação de Melhorias de Produtividade com o *Lean Manufacturing*, visando maximizar o Resultado Operacional das empresas, atuando no “chão de fábrica”, sobre a eficiência dos Processos e Equipamentos;

Os limites geográficos de *Portugal* foram em 2002 ultrapassados com projetos de implementação de sistemas de qualidade em *Espanha* e *Polónia*. O crescimento externo não se limitou ao mercado Europeu. Em 2006 foi criada a *XC Brasil* e em 2011 a *XC Marrocos*. Paralelamente concretizou-se uma consolidação no mercado nacional com expansão para as regiões autónomas da *Madeira* e dos *Açores*.

A principal missão da empresa baseia-se na criação de valores com os seus clientes, colaboradores e acionistas, garantindo assim, inovação e excelência nos processos e serviços, sustentada em relações de confiança. (XC Consultores Lda., 2014)

As suas ações assentam em 7 valores fundamentais:

- **Orientação ao cliente** – A satisfação do cliente prevalece como a maior prioridade para a empresa. Mais importante que vender muitos produtos, será cumprir todos os requisitos do cliente e garantir a sua fidelização.
- **Respeitar a cultura do cliente** – Colocar-se lado a lado com os clientes, construir as soluções conjuntamente, ouvir e compreender o cliente.
- **Idoneidade** – Colaboradores competentes com conhecimentos transversais e formação contínua ao longo de toda a sua carreira.
- **Espírito de equipa** – A união permite exponenciar os resultados, estimulada pela criação de relações de confiança, entreajuda e amizade.
- **Confidencialidade** – Todas as informações, observações e constatações num projeto de consultadoria são exclusivas do cliente e dos consultores da respetiva área de projeto.
- **Inovação e qualidade** - Inovação não só no desenvolvimento de novos produtos, como também a nível estratégico, operacional e no modelo de gestão. Desta forma, Inovação e Qualidade não poderão ser dissociados, visto que os modelos de qualidade permitem a inovação. De forma recíproca, a inovação permite a melhoria de qualidade.
- **Flexibilidade** – Capacidade de adaptação às necessidades e especificações de cada caso; Capacidade de resposta rápida e resolução de imprevistos.

1.2 O Projeto Lean Constrution na Zagope

Com a entrada de Portugal para a União Europeia, o setor da construção de obras rodoviárias desenvolveu-se muito nestas últimas décadas.

Com o passar do tempo e com o surgimento de empresas concorrentes no ramo, as margens de lucro tornaram-se mais pequenas e por essa razão as empresas têm procurado aumentar a sua produtividade.

Atualmente tem que existir um planeamento rigoroso para que as empresas sejam mais competitivas, e assim consigam obter lucro nos trabalhos realizados sem diminuir a qualidade.

O processo construtivo de uma estrada é linear e que se repete ao longo de todo o traçado. A filosofia *Lean* começou por se desenvolver em linhas de montagem, pelo que se pode apreciar a sua aplicabilidade em obras rodoviárias. De outro modo, trata-se de um tipo de obras que está muito dependente das condições meteorológicas e cujo trabalho se desenvolve em várias frentes. Sendo assim o controlo de processos e implementação dos mesmos é mais difícil

A *Toyota Production Systems* iniciou-se na fábrica da Toyota em 1950 onde a sua implementação na linha de montagem foi realizada através de etapas sucessivas e repetitivas. Em 1993, esta filosofia começou a ser implementada à construção civil, originando o *Lean Constrution* (Ferreira, 2010).

Nos dias de hoje é essencial para qualquer empresa combater os desperdícios. Por conseguinte, é de elevado interesse compreender o *Lean Constrution* e os benefícios que esta ferramenta

pode originar em obras rodoviárias. Esta filosofia encaixa-se nas obras rodoviárias, pois este tipo de obra desenvolve-se em linha reta e consiste na repetição consecutiva de processos.

A empresa de construção civil *Zagope S.A.*, sensível às questões de produtividade e competitividade requereu os serviços da *XC Consultores* para as suas obras na *República do Congo*. Nesta dissertação, aborda-se o projeto realizado especificamente na obra *Ewo*, tratando-se da construção de uma estrada com cerca de 80 km e com um prazo de entrega até Setembro do presente ano. Na Figura 1 apresenta-se a sua localização.

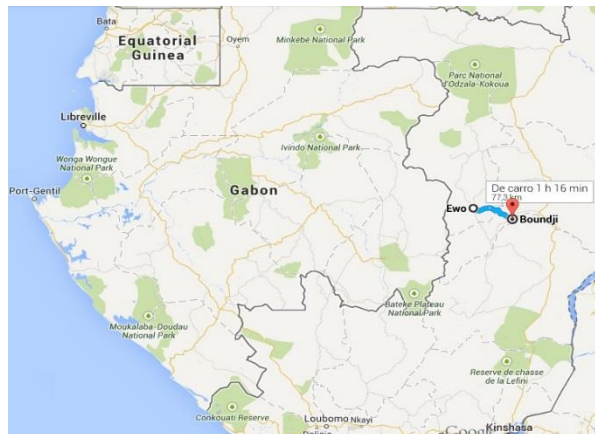


Figura 1 - Localização da obra.

1.3 Método seguido no projeto

O primeiro passo para a execução deste projeto foi a pesquisa bibliográfica, de extrema importância para compreender o modelo de gestão *Lean*, conhecer as suas bases e identificar as metodologias existentes: modo de organização e gestão de atividades da obra.

No terreno, identificaram-se ao longo dos três meses em estaleiro os desperdícios predominantes em obras rodoviárias, dando uma maior ênfase aos desperdícios que têm um peso maior nos custos da obra e que são mais fáceis de eliminar.

Na fase final monitorizou-se as ações implementadas para quantificar os ganhos obtidos na obra em curso.

1.4 Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos. Estes estão definidos da seguinte forma:

Capítulo 1: O presente capítulo onde se contextualiza o trabalho e o método de investigação utilizado;

Capítulo 2: Introdução ao estado de arte, fundamentação teórica e recursos técnicos usados na abordagem prática.

Capítulo 3: Caracterização dos diversos departamentos, suas principais dificuldades e a estratégia utilizada para melhoramento da atividade

Capítulo 4: Conclusão das melhorias efetuadas e da aplicabilidade do *Lean Construction* em obras rodoviárias. São mencionadas todas limitações e recomendações para trabalhos futuros.

2 Estado do conhecimento

2.1 Introdução

Neste capítulo pretende-se realizar uma análise sobre as fundamentações teóricas da filosofia *Lean* com o auxílio de autores conceituados para uma compreensão do *Lean Construction*.

Será efetuada uma descrição do *Lean Production* e aplicabilidade do *Lean Construction* no processo construtivo de uma obra rodoviária.

2.2 Lean Thinking

O *Lean Thinking* (o **Pensamento Magro** - traduzido literalmente para Português) é uma interpretação ocidental de uma filosofia de produção que começou a ser desenvolvida no *Japão* após a *Segunda Guerra Mundial*.

O panorama no qual se encontrava o *Japão* no pós-guerra era naturalmente complicado. A sua situação económica débil, a falta de recursos, os baixos índices de produtividade e a sua incapacidade de adotar modelos de produção em massa obrigaram as indústrias nipónicas a reinventar o processo produtivo.

O surgimento do *Lean Production* acontece em 1990 por *James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos* na obra “*The Machine That Changed The World*”, no qual revelam os resultados do seu estudo em que avaliaram durante 5 anos a indústria automóvel e onde constataram que o crescimento exponencial das marcas *japonesas* face às marcas ocidentais deveu-se fundamentalmente à utilização do *Lean Manufacturing/ Lean Production* (Womack, 1990), e como tal, a “produção *Lean*” é apontado como principal fator responsável pela reconstrução e ascensão do *Japão*.

O caso que mais influenciou esta filosofia teve origem no sistema de produção *Toyota - Toyota Production System (TPS)* – criada pelo fundador da *Toyota Motor Company, Sakichi Toyoda* com o auxílio do seu filho *Kiichiro Toyoda* e de *Taiichi Ohno*, sendo este último considerado o principal arquiteto do *TPS*. *Ohno* fez três afirmações (Marques, 2012) que agrupadas definem o *TPS*:

- “O princípio básico do *TPS* é a eliminação total de desperdício”
- “Redução de custos é o objetivo”
- “Após a *Segunda Guerra Mundial*, a nossa maior preocupação era como produzir produtos de alta qualidade. Após 1955, a preocupação passou a ser em como fazer exatamente a quantidade necessária.”

Taiichi Ohno definiu como base fundamental do sistema a eliminação de qualquer tipo de desperdício assente em dois pilares de sustentabilidade: *Just in time (JIT)* e *Jidoka*. A estrutura deste sistema é representado por um esquema, conhecido como “A casa do *TPS*”.

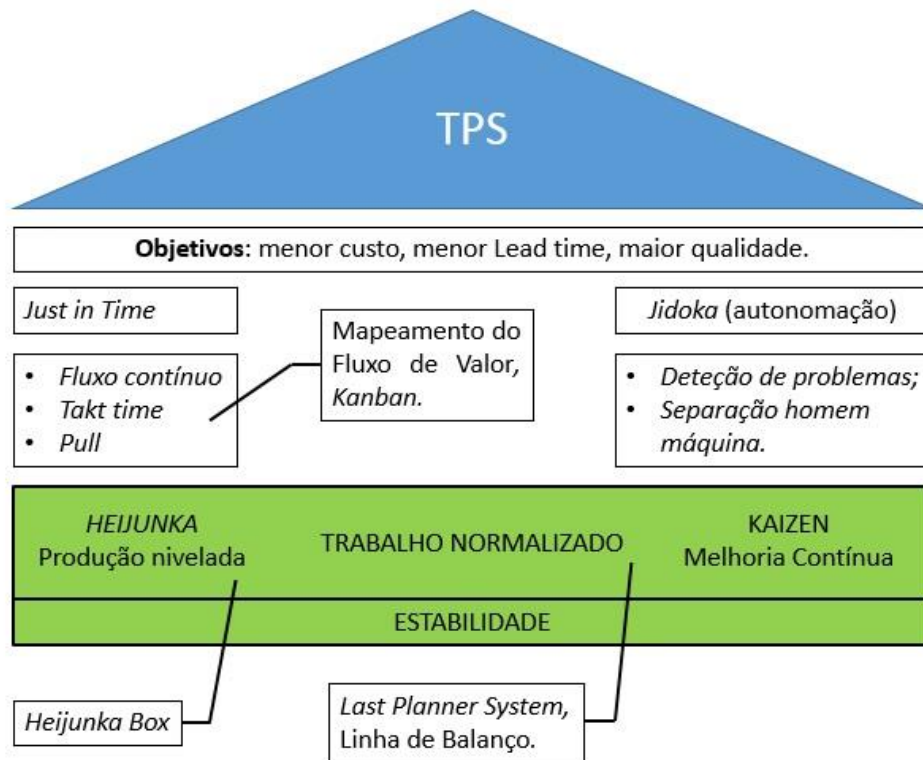


Figura 2 - A casa do TPS.

Como é possível visualizar na Figura 2, a estabilidade dos processos é um dos requisitos do TPS. Só com processos estáveis é possível a sua padronização de forma a garantir uma produção livre de defeitos (pilar *Jidoka*), na quantidade e no momento certo (pilar *Just in Time*).

Define-se produção *Lean* como um conjunto de princípios e conceitos que têm como finalidade a eliminação de operações ou processos que não cumpram com a tarefa de produzir e entregar valor de forma efetiva ao cliente.

2.3 Princípios Lean Thinking

Através da análise realizada a várias empresas que utilizavam o TPS, Womack e Jones criaram um conceito de gestão empresarial, o *Lean Thinking*, onde estabelecem os cinco princípios base desta metodologia:

- **Especificar valor para cada produto** – Quem define o valor é o cliente e não a empresa. Por parte do cliente, há uma procura por gerar valor e compete às empresas procurarem satisfazê-lo por um preço justo e no momento certo;
- **Identificar a cadeia de valor** – Deve-se identificar e dissecar toda a cadeia de valor desde o fornecedor até ao cliente final em três tipos de processos: aqueles que efetivamente agregam valor, aqueles que não geram valor mas são um “mal necessário” para a manutenção dos processos e da qualidade e finalmente aqueles que não acrescentam valor e que devem ser prontamente eliminados;
- **Criar fluxo contínuo** – os produtos ou serviços devem possuir um fluxo de processamento em que não exista interrupções nas atividades do processo que geram valor ao produto final. Exige uma mudança de mentalidade pois atualmente o foco por parte das empresas passa pelas máquinas e equipamentos, quando a preocupação deve estar nos produtos e nas necessidades. Com a criação de fluxo contínuo tenta-se reduzir as atividades que não agregam valor;

- **Deixar o cliente puxar o produto (produção *pull*)** – só produzir quando é efetuado o pedido pelo cliente evitando assim a criação de *stocks* que ocorre num sistema *push*. Um sistema de produção *pull* limita a quantidade de trabalho e diminui o tempo desde a conceção e lançamento do produto à venda e entrega. Este tipo de sistema depende da confiança do cliente na prontidão da entrega;
- **Aspirar a perfeição** – é o objetivo primordial da filosofia *Lean*. Quando os quatro princípios referidos anteriormente interagem entre si criam um fluxo de valor mais rápido que expõe os desperdícios ocultos na cadeia e consequentemente podem ser removidos;

Na Figura 3 é exemplificado o processo o conceito Lean Thinking e seus principais objetivos (Cruz, 2014).



Figura 3 - Os 5 princípios *Lean*.

Lean Thinking é uma filosofia de gestão empresarial que de forma autossustentada promove a participação de todos os intervenientes nos processos de melhoria contínua e na maximização de valor criado para todas as partes.

2.4 Principais perdas nos sistemas produtivos

Antes de entrar na implementação do *Lean*, é importante conhecer os principais *Mudas*.

O termo *Muda*, de origem japonesa (significa desperdício) representa qualquer atividade que absorve recursos e que não acrescenta valor para o cliente. *Taichi Ohno* identificou sete principais fontes de desperdício a eliminar para poder obter uma empresa *Lean* (Marques, 2012):

- **Excesso de produção** – Existe quando a quantidade produzida é superior à pedida pelo cliente. Acarreta outros tipos de desperdícios, como o maior consumo de matéria-prima, maior custo de posse e menor flexibilidade de produção.
- **Excesso de stock** – Excesso de matéria-prima, produto em curso ou produto acabado. Poderão ainda existir outras formas de *stock*, como máquinas que caíram em desuso, ferramentas partidas, latas vazias, bidões já usados, etc. Qualquer tipo de *stock* é um desperdício uma vez que ocupa espaço e recursos financeiros.
- **Espera** – Inclui espera por ferramentas, informação, equipamento, material, etc. *Lean* exige que todos os recursos sejam fornecidos numa base *Just-in-time* – nem muito cedo, nem muito tarde.

- **Transporte** – Excesso de transportes, deslocações com materiais desnecessários, movimentações de material para locais provisórios e que obrigam a novo reposicionamento.
- **Excesso de processos** – Execução de processos que do ponto de vista do cliente não acrescentam valor. São ações complementares inúteis.
- **Movimento** – Qualquer movimento de máquina, informação ou pessoa que não adicione valor ao processo.
- **Não qualidade** – Evitar os defeitos e o retrabalho. Em certos casos, o tempo gasto pelo colaborador para reparar uma peça sai mais caro que o próprio valor da peça em si;

Posteriormente foram identificados outros tipos de desperdícios por diversos autores:

- **Falta de ideias** – *Ohno* afirmou que um dos objetivos do *TPS* era “criar pessoas pensantes” (Peneirol, 2007). Este tipo de desperdícios inclui capacidade mental, criativa e física dos trabalhadores. Os motivos para o subaproveitamento humano deve-se por vezes à própria cultura organizacional, às práticas de contratação inadequadas por parte dos recursos humanos, ao baixo investimento em formação e a baixos vencimentos;
- **Making-do** – identificado por *Koskela* ocorre quando uma atividade se inicia sem a totalidade dos *inputs* necessários para a sua conclusão. Este problema pode ser minimizado através de uma ferramenta de planeamento a curto prazo, como o *Last Planner System* (Koskela, Lauri, 2004).
- **Produto/Serviços desajustado** – neste tipo de desperdícios estão incluídos bens e serviços que não vão ao encontro das necessidades e expectativas do cliente.

O objetivo fulcral do *Lean Production* é a identificação de desperdícios para que posteriormente seja possível a sua eliminação, resultando num aumento de qualidade e na redução de custos. No entanto, torna-se difícil em alguns casos quantificar o seu valor monetário.

Para entender o conceito de desperdício é necessário entender o conceito de valor.

2.5 Valor

O conceito de valor é discutido por várias áreas de conhecimento nomeadamente **economia, marketing, design e filosofia *Lean Thinking*** por diferentes autores.

O conceito de valor deve ser compreendido num contexto mais amplo onde as restrições económicas, políticas e sociais sejam consideradas. Em alguns setores, a sustentação de algumas empresas não é realizada, sendo que muitas delas têm dificuldades em detetar a necessidade e os valores por parte dos seus clientes.

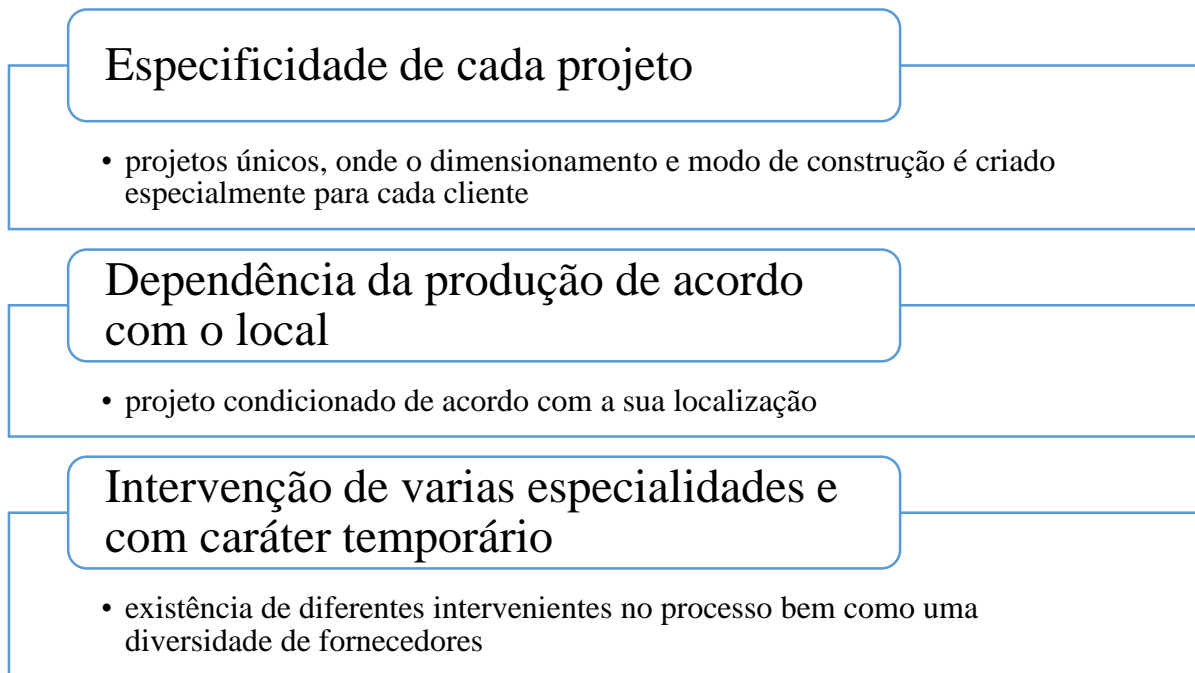
De acordo com (Emmit, Sander, & Christoffersen, 2005), os valores vão mudando ao longo do tempo e a perceção de valor é individual e pessoal e por conseguinte, subjetivo. O valor é uma questão de opinião pessoal, o que pode e faz mudar ao longo do tempo.

Cabe à empresa, junto do cliente, decidir o que é o mais importante: o cumprimento do prazo de entrega, o preço ou a qualidade de produtos e serviços. Após esse estudo, as empresas deveram traduzir as necessidades dos clientes para a sua produção.

Numa construção, a definição de valor vai depender das características dos projetos e com as expectativas por parte do cliente, não sendo possível encontrar uma convergência em relação ao conceito de valor na construção civil.

2.6 Natureza específica da construção

A variedade no ramo de construção cria a dependência de cada projeto em si, o que a torna muito peculiar. Nos primeiros estudos à construção, *Koskela*, enfatiza as três particularidades da construção (Koskela, Lauri, 1992):



A construção é a execução do projeto previamente elaborado, seja de uma edificação ou de uma obra de arte, pois são obras de maior porte, destinadas a infraestruturas como pontes, viadutos ou túneis. É a execução de todas as etapas do projeto da fundação ao acabamento.

Consistem em construir o que consta em projeto, respeitando as técnicas construtivas e as normas técnicas vigentes. Dependendo da sua localização, a sua conclusão terá uma variação do produto final devido a:

- **Fatores externos:** o clima, o tipo de solos, ações de agentes naturais;
- **Fatores internos:** legislação específica a cada local, prazos de aprovação por parte da fiscalização;

2.7 Lean aplicado à construção: Lean Construction

O movimento que tem tentado adaptar a abordagem *Lean Thinking* à construção civil tem sido designado por *Lean Construction*.

Apesar do termo Lean só ter sido formalizado nos anos 90, a metodologia já vinha da indústria automóvel e ao longo do tempo tem sido disseminada por outras áreas, nomeadamente saúde, serviços e recentemente a Construção Civil.

Lauri Koskela é considerado pelos especialistas *Lean* como o grande impulsionador do *Lean Construction* através da sua publicação “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” em 1992, sendo também o fundador do IGLC- *Internacional Group for Lean Construction*.

Nesse trabalho, Lauri Koskela apresentou onze princípios que têm servido como base de orientação para posteriores trabalhos sobre esta nova filosofia.

Os onze princípios são (Koskela, Lauri, 1992):

1. Reduzir a quantidade de atividades que não agregam valor – redução de atividades que consomem tempos, recursos ou espaço mas que não contribuem como melhoria do processo;
2. Aumentar o valor do produto final através da consideração das necessidades – só é gerado valor quando são satisfeitos todos os requisitos do cliente, tendo em atenção que para cada atividade existem dois tipos de clientes: a próxima atividade e o cliente final;
3. Reduzir a variabilidade – na construção cada projeto é único e faz com que os processos variem de obra para obra. Aumentando a variabilidade existe um aumento de quantidade de desperdício;
4. Reduzir o tempo de ciclo – compreende a soma dos tempos de processamento, espera, transporte e inspeção, sendo que para a sua redução é necessário diminuir as três últimas parcelas;
5. Simplificar através de minimização do número de passos, partes e ligações;
6. Aumentar a flexibilidade – compreende a capacidade de alteração do produto final de acordo com os desejos do cliente, sem grande aumento dos custos;
7. Aumentar a transparência do processo – Facilitar o controlo e aumentar a motivação para melhorias;
8. Focar o controlo no processo global;
9. Introduzir melhoria contínua do processo;
10. Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxo e melhorias no processo de transformação;
11. Fazer *benchmarking* – Troca de conhecimento entre empresas da mesma área de negócio com o objetivo de melhorar processos.

Estes princípios mencionados convergem com os princípios do *Lean Thinking* citados por Womack e Jones em 1996.

O conceito mais relevante desta filosofia é que o cliente tenha a possibilidade de “puxar” as operações, isto é, o fornecedor ir ao encontro das necessidades do cliente, e não da sua capacidade de produção (Howell & Ballard, 1998).

2.8 Barreiras à Implementação Lean

Depois de alguns casos analisados, *Alarcón* e *Seguel* definiram algumas barreiras por ordem de importância na aplicação do *Lean* à construção, apresentadas na Tabela 1 (Alarcón & Seguel, 2002):

Tabela 1 - Barreira na aplicação *Lean* à construção

Barreiras existentes	Descrição
Tempo	Considerado principal dificuldade na implementação de novas práticas no decorrer dos projetos
Formação	Falta de formação e de prática
Organização	Necessidade de criar ou fortalecer alguns elementos da organização
Falta de autocrítica	Limita a capacidade de aprender com os erros pois apenas uma parte dos problemas são identificados

Além de compreender as barreiras identificadas durante o trabalho, também se identificaram barreiras causadas por dúvidas sobre *Lean Production System (LPS)*:

- Baixa compreensão dos conceitos de *LPS* (produção de unidade, o fluxo de trabalho, produção puxada);
- Baixa utilização dos diferentes elementos de *LPS* (interação dos intervenientes, falta de tomada de ações corretivas);
- A administração inadequada das informações necessárias para gerar um “ciclo de aprendizagem” e de tomar ações de medidas corretivas;
- Fraca comunicação e transparência entre participantes do processo de produção (gerentes, administradores, capatazes, etc.);
- Falta de integração da cadeia de produção (cliente, fornecedores de materiais e subcontratados).

Segundo *Ballard*, citado por *Peneirol*, para conseguir alcançar um melhor planeamento e melhores resultados tem que se transformar obstáculos da construção em oportunidades para a mudança *Lean*, identificando os seguintes obstáculos (Peneirol, 2007):

- A gestão foca-se no controlo, o que previne que ocorram mudanças negativas, mas *negligencia* os avanços, que causam boas mudanças;
- O Planeamento não é concebido enquanto sistema, mas é antes percebido em termos de qualificações e talento dos indivíduos que estão encarregues de planear;
- Planeamento é considerado como uma calendarização, desvalorizando por completo a equipa de planeamento;
- Não é medida a performance do sistema de planeamento;

- As falhas de planeamento não são analisadas de forma a identificar e agir na raiz das causas;

2.9 Ferramentas Lean

2.9.1 Last Planner

Criado por *Ballard* e *Howell* nos anos 90, esta ferramenta de planeamento e controlo de produção foi desenvolvida nos Estados Unidos da América e tem proliferado para todo o Mundo devido à enorme taxa de sucesso na sua implementação em casos práticos.

Das ferramentas mais populares do *Lean Construction*, esta pretende que na fase de planeamento de uma obra, se faça um estudo dos pré-requisitos necessários a cada atividade antes do início da execução. Com isto pretende-se que a produção seja vista como um fluxo mais estável e previsível.

Pretende-se que ao fim de cada semana seja feita a medição do indicador *PPC* (percentagem de planeamento concluído) para ver se o planeamento foi ajustado com o realizado. Semanalmente, o processo deve ser melhorado e medido pelo indicador *PPC*.

2.9.1.1 Fases do Last Planner

A Figura 4 mostra os três níveis hierárquicos de planeamento deste sistema: o Plano Geral (*Master Schedule*) de longo prazo, o Plano de Antevisão (*Lookahead Plan*) de médio prazo e o Plano Semanal de Trabalho (*Weekly Work Plan*) de curto prazo. Os planos de médio e curto prazo são os prioritários para o *Last Planner*.

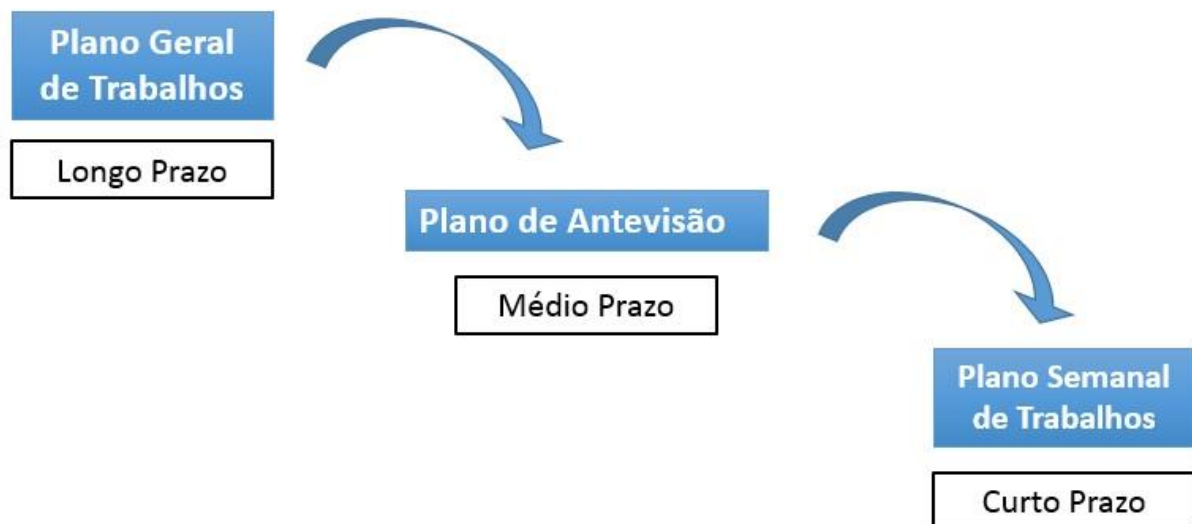


Figura 4 - Diferentes fases do Planeamento no *Last Planner* (Ferreira, 2010).

2.9.1.1.1 Plano Geral

Plano que permite uma visão alargada da totalidade dos procedimentos. Permite ao gestor do projeto fazer uma análise de custos e a alocação de recursos a longo prazo.

Este plano, além de essencial por dar ao gestor do projeto e a todos os interessados uma visão panorâmica dos procedimentos, facilita a análise de custos e alocação de recursos a longo prazo.

Sendo um plano de longo prazo, é pouco pormenorizado: as principais atividades são calendarizadas e interligadas mas os planos de execução não são elaborados nesta fase; permite a programação de recursos que requerem um longo prazo de aquisição, incluindo compras de materiais, aluguer ou compra de equipamentos e contratação de subempreitadas.

2.9.1.1.2 Plano de Antevisão

O plano de antevisão do inglês *Lookhead Plan* é um processo que visa a assimilação entre o planeamento de longo prazo com o plano de execução de curto prazo. É usado com o intuito de estimular ações do presente que possibilitem a concretização dos objetivos de longo prazo e é elaborado de forma colaborativa, por todos intervenientes do processo produtivo (últimos planeadores).

Partindo dos parâmetros do plano geral, as atividades que devem ser feitas vão sendo selecionadas, organizadas e decompostas para serem introduzidas no plano de antevisão. Nesta fase, as atividades devem ser mais pormenorizadas para poderem ser executadas. A seleção da entrada ou progressão de cada atividade é determinada pela análise e satisfação dos seus pré-requisitos através do responsável da produção. Caso este não tenha a confiança na concretização da atividade, esta deve ser atrasada em relação ao plano geral. Note-se que deverá existir uma quantidade mínima de atividades que devem cumprir todos os pré-requisitos por forma a serem executados, semanalmente.

Feito sincronizadamente com os outros níveis de planeamento, pretende-se que o plano de antevisão seja um plano onde seja possível a verificação de todos os pré-requisitos das atividades, antes de estas chegarem à fase de produção e, assim, minimizar incertezas, tornar o fluxo de trabalho constante e na melhor sequência possível.

2.9.1.1.3 Plano Semanal de Trabalho

O plano semanal de trabalho ou plano de produção é o mais detalhado por estarem inseridas as atividade a serem realizadas na semana seguinte e onde o gestor de projeto, juntamente com os últimos planeadores – *Last Planners (LP)* – definem como exequível e se comprometem a realizá-las. As atividades que satisfaçam todos os pré-requisitos no plano de antevisão são aquelas que passaram a estar introduzidas nos planos semanais de trabalho.

Visto como um compromisso entre o gestor de projeto e os últimos planeadores para a execução dos trabalhos, muitos chamam ao plano semanal de trabalho como o plano de comprometimento.

Koskela defende que existem pelo menos sete tipos de **pré-requisitos** (Figura 5) ou subfluxos essenciais que condicionam a execução de uma atividade (*Koskela, Lauri, 2000*).

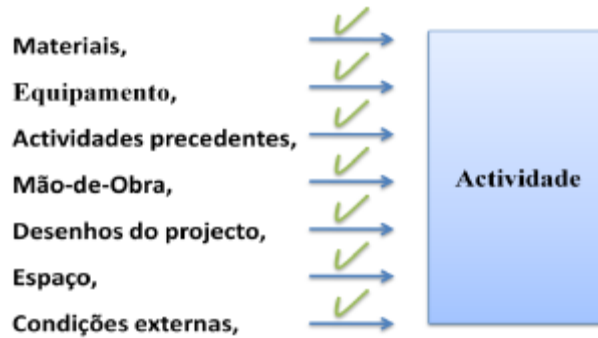


Figura 5 - Condicionantes na execução de uma atividade.

Resumindo, as funções principais desta ferramenta são (Ferreira, 2010):

- Coordenar a sequência e o ritmo do fluxo de produção;
- Desenvolver planos detalhados para as atividades que devem ser feitas;
- Coordenar o fluxo de trabalho com a capacidade produtiva;
- Produzir e manter uma reserva de atividades livres de pré-requisitos e prontas a serem realizadas.

2.9.1.1.4 Percentagem de planeamento concluído

A eficácia do processo de planeamento da ferramenta do *Last Planner* é medida pelo indicador *PPC* que representa, em termos de taxa percentual, o número de atividades concluídas sobre o total de atividades do plano semanal de trabalho. Um *PPC* elevado pode significar que o processo de planeamento é mais fiável e que a produtividade da construção e da performance do projeto é mais alta. Os valores de *PPC* geralmente variam entre 30% a 70%, quando não são usadas quaisquer metodologias.

No entanto, torna-se numa medida em que deve existir uma sensibilidade para a sua interpretação. Um plano semanal de trabalho com atividades muito pequenas e de rápida execução não deverá ter o mesmo peso a nível percentual para as atividades longas e complexas. Para tal, o gestor do projeto deve assegurar que os planos semanais de trabalho são constituídos por atividades bem definidas, executáveis e na sequência correta.

Como mostra a Figura 6 todo o processo termina com uma componente de aprendizagem onde o *PPC* funciona como um indicador de controlo. Para as atividades planeadas e não concluídas, é feita uma análise das causas da não conclusão do trabalho. O objetivo final é melhorar continuamente o processo de planeamento, até atingir os 100% de *PPC*, eliminando todas as causas de não conclusão de atividades que na filosofia *Lean* são designados por desperdícios.

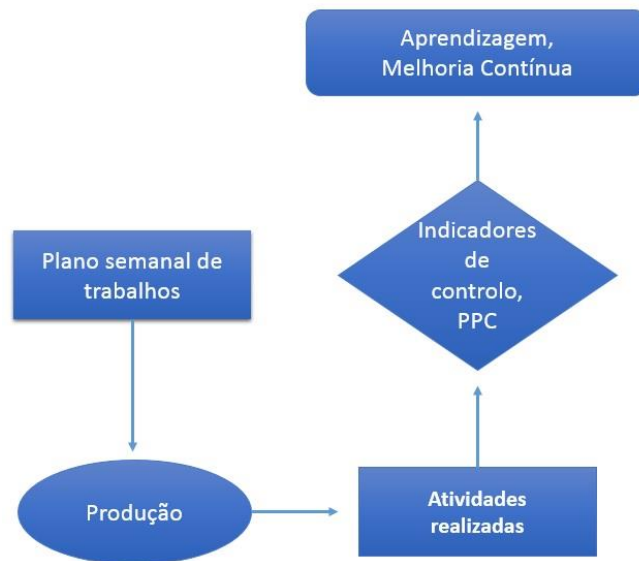


Figura 6 - Controle de melhoria e aprendizagem.

A grande diferença deste novo modelo é que pressupõe um planeamento colaborativo de forma a comprometer e responsabilizar todos os últimos planeadores (última pessoa responsável pela realização de uma determinada atividade, geralmente os encarregados de frente) no processo de execução das atividades planeadas.

Pretende-se com esta ferramenta que haja um desenvolvimento de uma nova cultura organizacional, focada na melhoria contínua do processo, na aprendizagem e no planeamento colaborativo.

2.9.2 Just in time

Esta metodologia baseia-se na produção “*puxada*”, define-se como um sistema no qual a produção e a movimentação ocorrem à medida que são necessários.

Como falado anteriormente, *just in time* surge como um dos pilares da sustentabilidade do sistema *TPS*. Sendo parte integrante do sistema *Lean Construction*, baseia-se num sistema de “*puxar*” a produção originando apenas o necessário, no momento necessário e nas quantidades necessárias. Refere-se a todos os aspetos relacionados com administração de materiais, gestão de qualidade, espaço físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

2.9.3 5S

É uma metodologia de origem japonesa que aborda a organização e padronização dos espaços. Esta metodologia é definida por 5 princípios em que suas palavras começam por “s” (Moreira, 2014):

- **Seiri (Senso de utilização):** Análise de todas as ferramentas e materiais necessários à execução da tarefa, eliminando os que não são necessários;
- **Seiton (Senso da organização):** Localização dos elementos utilizados para que estejam sempre ao alcance do utilizador para que este não tenha que fazer movimentações desnecessárias;
- **Seiso (Senso da limpeza):** Arrumar sempre o material no local correspondente e manter o local de trabalho limpo;

- ***Seiketsu* (Senso de Padronização):** Padronizar os trabalhos e organização de todos os espaços;
- ***Shitsuke* (Senso de autodisciplina):** manter sempre os 4 princípios impostos anteriormente, garantindo assim que não se volta ao estado anterior.

2.9.4 Gestão Visual

A gestão visual é uma forma de comunicação e compreendida facilmente por todos. Permite melhorar a informação sobre o processo produtivo, instruções de manutenção ou atividades básicas dos processos. São o exemplo da tipologia de uma ferramenta *Lean* e o exemplo de um poderoso indicador visual em tempo real (Wolbert, 2007).

As grandes vantagens são:

- Facilidade de interpretar a informação;
- Permite uma resposta rápida aos problemas;
- Facilita a comunicação entre as equipas de trabalho;
- Permite atribuir melhor autonomia aos operadores;
- Contribui para a redução de erros;
- Contribui para melhorar o ambiente de trabalho;

Por norma, são aplicados placards colocados de forma visível que possuem a informação relevante para a boa performance das atividades críticas.

2.9.5 Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem japonesa com o significado de melhoria contínua.

Em ambiente industrial, o *kaizen* permite baixar os custos e melhorar a produtividade.

É um processo cíclico que proporciona uma melhoria contínua do desempenho dos processos e sistemas de trabalho. Analisam-se todas as pessoas, equipamentos e materiais que elaboram um processo com o objetivo de melhorar a sua prestação. Por isso, a sua aplicação é muito utilizado no *gemba* (termo japonês que significa “local real”), onde o verdadeiro valor é criado. Segundo o *kaizen*, é sempre possível fazer melhor e nenhum dia deve passar sem que alguma melhoria tenha sido implementada, seja ela na estrutura da empresa ou no indivíduo.

2.10 Gestão convencional Vs Lean Construction

A grande distinção que existe na forma como é aplicado o *Lean* na construção e na manufatura resume-se à forma como o trabalho é entregue. Na construção é libertado por um ato administrativo (o planeamento) enquanto na manufatura segue uma linha de montagem.

Em primeiro lugar o *Lean* deve ser aplicado no planeamento, sendo que a logística também deve ser considerada (Howell G. A., 1999).

Nos sistemas convencionais de gestão de qualidade o controlo é feito por gestores que estão afastados das frentes de trabalho enquanto os sistemas que seguem a filosofia *Lean Construction* (LC) o controlo é centrado ao nível da produção. Com o uso do LC é mais rápida e mais ágil a tomada de decisões, originando organizações que tomam ações de melhoria menos burocráticas e mais dinâmicas originando melhor qualidade (Marosszeky, Thomas, Karim, Davis, & McGeorge, 2002).

3 Estudo do Caso Prático *Lean Construction*

O objetivo do presente trabalho é verificar a aplicabilidade dos conceitos *Lean* em obras públicas. Para o efeito, foi estabelecida uma parceria entre a *XC Consultores* e a *Zagope, Lda.*, com o intuito de desenvolver a parte prática deste trabalho de investigação numa das suas obras.

3.1 Descrição da obra

O estudo foi realizado numa obra rodoviária em curso, na *República do Congo*, nomeadamente na cidade de *Ewo*. Trata-se da reparação e pavimentação da estrada que liga *Boundji* a *Ewo*, duas cidades importantes da região *Cuvette-Ouest* numa extensão de 80 km. Os trabalhos preparatórios incluem a desflorestação e decapagem, trabalhos de escavação e aterro. O perfil transversal tipo terá 7 metros de largura e de 9 metros em *Ewo* mais duas bermas (1,0m) (zagope.pt, 2014).

Foi adjudicada pelo dono da obra, o *Estado da República do Congo* a totalidade do projeto de execução ao A.C.E.¹ entre a *Zagope* e a *Escom*. A fiscalização da obra foi adjudicada a outra empresa. Na Tabela 2 encontra-se as informações contratuais mais relevantes da obra.

Tabela 2 - Informação geral da obra.

Descrição da Obra	
Empresa:	Agrupamento Zagope/ Escom
Data de consignação:	11 junho 2010
Data de Adjudicação:	29 julho 2010
Prazo:	30 Meses (20 setembro 2013)
Prorrogação prazo:	20 setembro 2014
Valor do Contrato:	102.000.000 Euros
Cliente:	<i>Estado República Congo</i>

De forma acompanhar o projeto, o dono de obra contratou uma equipa de fiscalização que, periodicamente verifica se o processo construtivo respeita os desenhos do projeto e se cumpre o caderno de encargos, assim como também, garante se os prazos de execução, das principais fases do projeto estão de acordo com o plano. A obra é faturada consoante a realização das atividades.

Como é normal nas obras que a *Zagope* possui na *República do Congo*, as chefias são assumidas maioritariamente por expatriados de *Portugal* ou *Brasil*, sendo os restantes colaboradores oriundos maioritariamente do país onde é realizada a obra, bem como de países vizinhos. Relativamente à subcontratação para execução de alguns trabalhos, esta tem um peso aproximadamente de 10%.

No final do mês de março, altura em que o autor se deslocou para o estaleiro, faltavam 30 km para a sua conclusão. Devido às condições climáticas do local de construção da estrada, o

¹ Um agrupamento complementar de empresas permite a constituição de pessoas coletivas que resultam do agrupamento de pessoas singulares ou coletivas e de sociedades para, sem prejuízo da sua personalidade jurídica, melhorem as condições de exercício ou de resultado das suas atividades económicas. (portaldapmpsa.pt, 2014)

objetivo passou pela implementação de algumas ferramentas *Lean* até ao início de junho, altura em que o estaleiro estaria com poucos trabalhos em curso e onde haveria mais disponibilidade por parte dos colaboradores. Após início de junho, onde supostamente começaria a época seca, os trabalhos seriam maiores devido às características de construção da estrada.

Inicialmente começou-se pelo estudo e análise de toda a cultura da empresa, formas de comunicação interna, filosofia de produção atual, e principalmente o produto que estava a ser comercializado. Para tal, foram efetuadas entrevistas aos diversos departamentos (Figura 7).

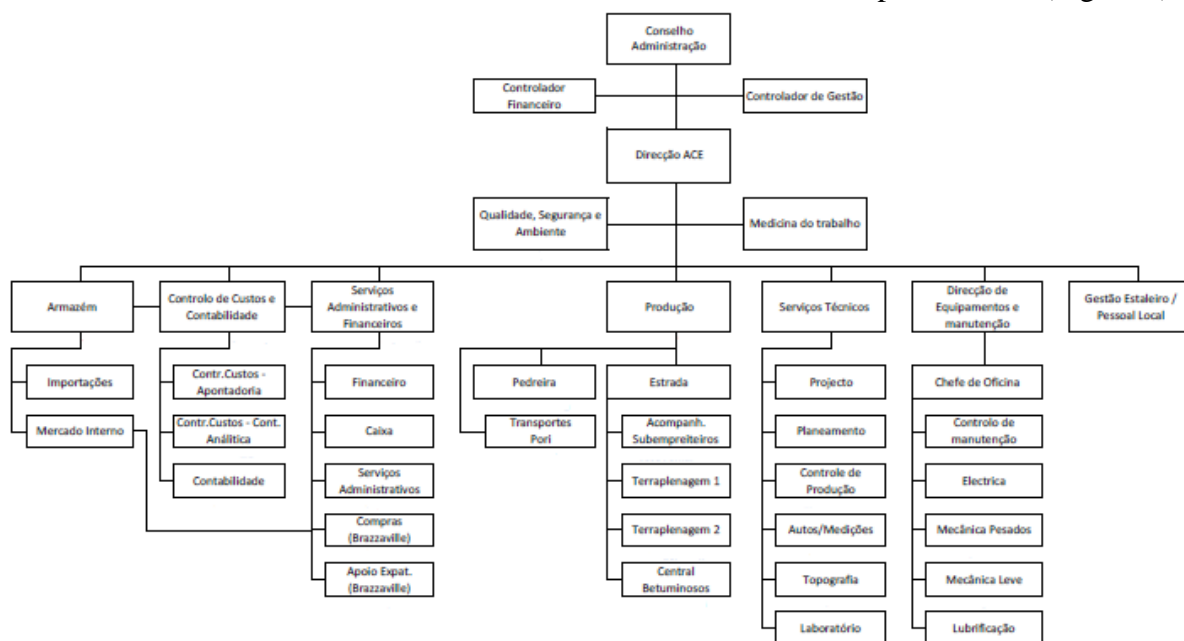


Figura 7 - Organograma do Agrupamento Zagope/Escom.

Como foi mencionado no ponto 2.5, é de enorme relevância perceber a definição de valor desta obra, ou seja, compreender as expectativas pelo qual o cliente adjudicou esta obra à empresa. Para tal, recorreu-se às características do projeto.

Como é descrito no ANEXO B, onde é feita uma breve descrição das diferentes etapas de construção de uma estrada, a atividade de maior relevo é a terraplanagem por ser a etapa construtiva mais demorada e por envolver um elevado número de meios humanos e equipamentos.

De acordo com o projeto, nos últimos 30 km, havia a necessidade de realizar 30 zonas de aterro (Figura 8) e 25 de escavação (Figura 9) como é possível visualizar no ANEXO A.

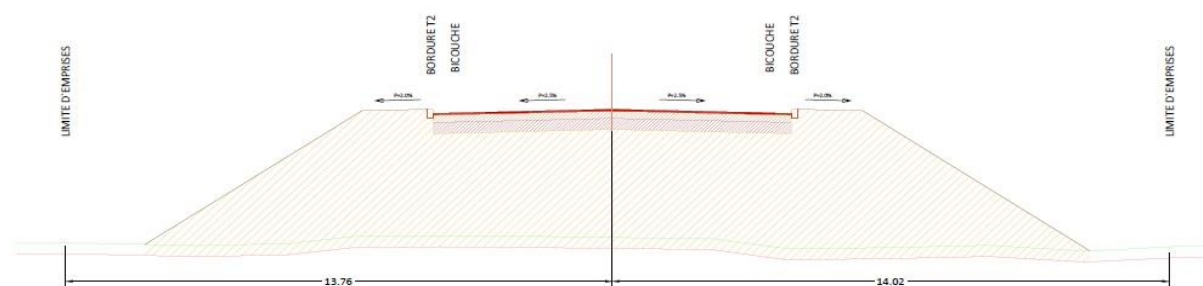


Figura 8 - Perfil transversal de aterro.

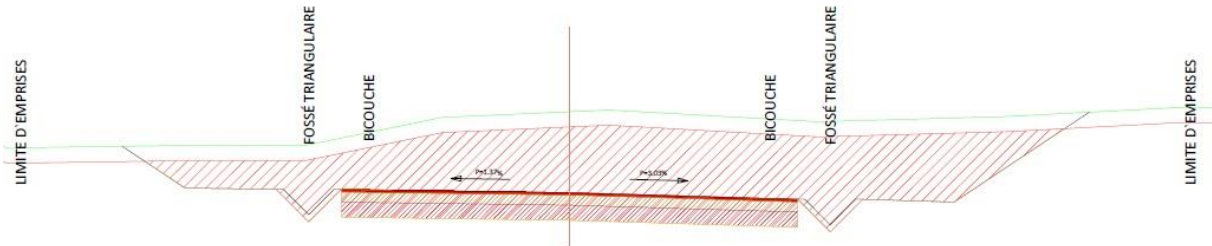


Figura 9 - Perfil transversal de uma escavação.

A maior dificuldade na construção prende-se com a aprovação das diferentes camadas de terra que vai suportar a estrada. A exigência do caderno de encargos relativo ao teor de humidade de cada camada com a humidade existente nas terras e o clima húmido existente no local aumenta o período até que seja aprovada a camada.

O passo seguinte passou por dissecar o fluxo de valor, ou seja, analisar todo o processo produtivo desde o início de construção da estrada até à entrega do produto final para identificar as atividades que acrescentam valor, as que não acrescentam, mas que são importantes para a manutenção/qualidade e eliminar as atividades que não acrescentam nenhum valor ao produto.

Nas obras rodoviárias, é a frente de obra a responsável por acrescentar valor ao produto, existindo ainda dois setores secundários: o setor de apoio e o setor produtivo (Figura 10).

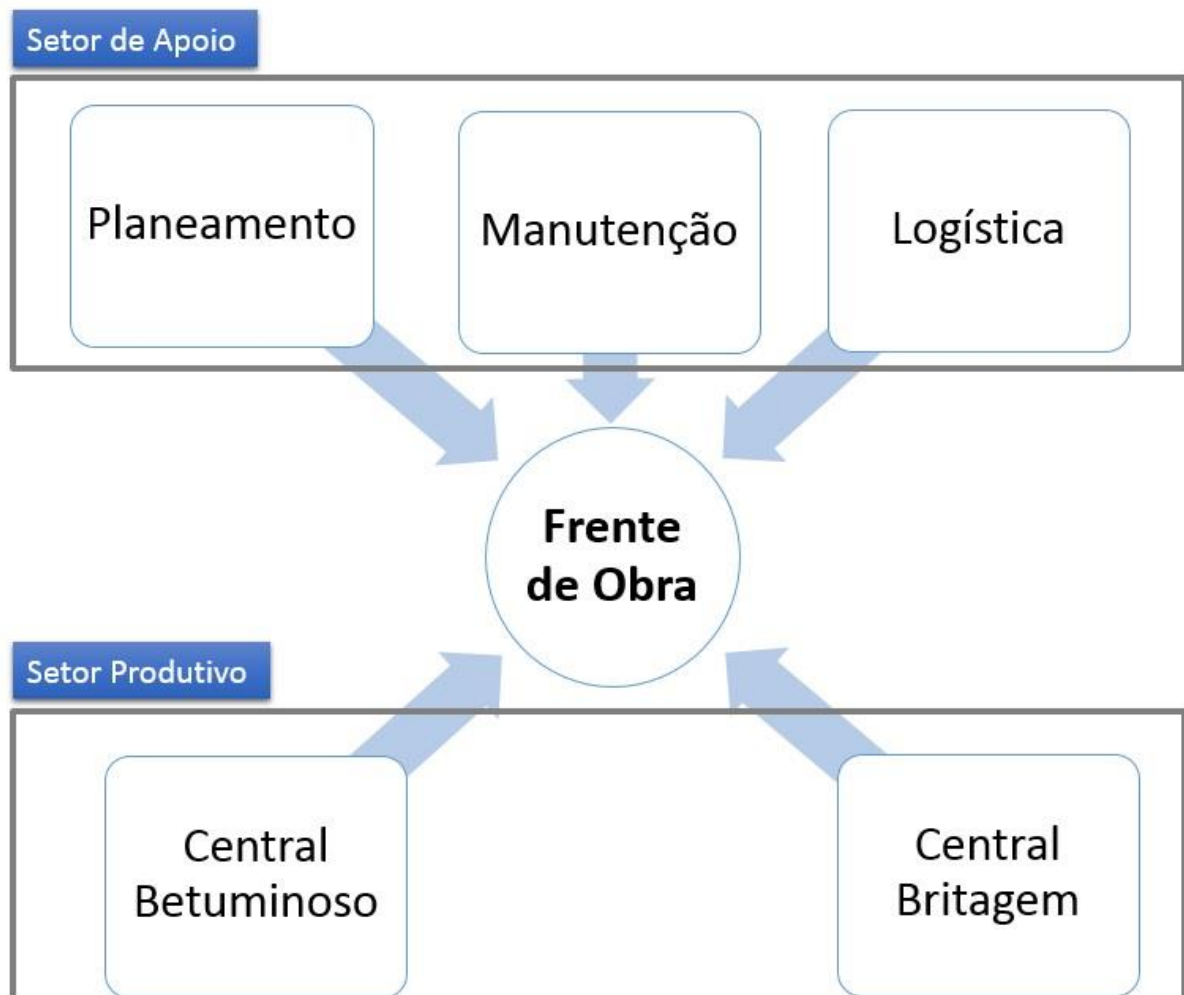


Figura 10 - Classificação dos diferentes setores de obra.

Apesar do setor produtivo ser de enorme relevância, o estudo começou pelo setor de apoio, nomeadamente o departamento de planeamento.

3.2 Planeamento

O Departamento de Planeamento tem por exercício estabelecer, com antecedência, as ações necessárias para a execução da obra. É também de sua responsabilidade controlar a evolução de execução da obra, avaliando periodicamente os seus resultados físicos e económicos e, sempre que necessário, rever o plano prévio.

O Planeamento propõe num cronograma, normalmente utilizando o *software MS Project*, detalhando o tempo de execução de cada atividade em cada etapa da obra. Essas informações servem como orientação para a equipa de frente de obra, bem como para o departamento de compras para aprovisionar os materiais nas quantidades solicitadas. Torna-se assim evidente a importância deste setor na obra.

3.2.1 Descrição do processo inicial

O planeamento desta obra, como das restantes do grupo *Zagope*, é seguido através de um diagrama de *Gantt* como forma de visualização do estado das atividades, intitulado de “Plano de Trabalhos Geral”. Com apoio do *software Microsoft Project*, o plano é detalhado pelas diferentes atividades que se relacionam pelo método do caminho crítico. Este plano é efetuado com base em estimativas de prazos para duração das atividades e a sequência de cada atividade.

Apesar de ser uma excelente ferramenta para facilitar a visualização e integração das atividades a executar, o plano de trabalhos geral é pouco detalhado ao nível operacional.

No que respeita ao nível operacional, as atividades são executadas com a orientação total do encarregado geral de obra, sem qualquer planeamento formal de produção para os encarregados de terraplanagem, de betuminoso e ao responsável pelos subempreiteiros. Como estes não são envolvidos no planeamento das atividades, muitas vezes não têm conhecimento do cronograma geral de trabalhos e raramente fazem um comprometimento na execução de trabalhos em relação aos prazos.

Semanalmente, é realizada uma reunião entre a direção de obra, direção técnica e a de produção para deliberarem sobre as atividades a concretizar na semana seguinte e fazerem um rescaldo da informação relativa à semana atual. Nessa reunião, o controlo de produção é feito unicamente em termos de custos e faturação. No final de cada mês, é apresentado o mapa dos custos e faturação do mês corrente e elaborado um novo mapa estimativo do mês seguinte.

É através da faturação que a direção de obra se baseia para controlar os avanços da produção relativamente ao cenário projetado, sendo os custos usados para as reorçamentações da obra. Quando são constatados atrasos na faturação prevista, significa que o projeto não está a ter o ritmo de produção estabelecido, pelo que se procede a uma atualização do planeamento geral de trabalhos de forma a recuperar o tempo perdido e cumprir os objetivos finais. Por consequência dessa ação, a nova atualização vai proporcionar uma intensificação do trabalho a realizar e um aumento de custos. Relativamente aos custos de obra somados, se não conferirem com os mesmos valores do reorçamento, significa que há derrapagens na produção e torna-se urgente arranjar novas soluções para o problema.

Nesta obra, a responsabilidade pela monitorização das atividades era efetuada pelo departamento técnico. Na fase de levantamento, como é possível ver na Figura 11, constatou-se que havia muita informação excessiva para os encarregados, sem nenhuma identificação do encarregado responsável por cada atividade e de difícil leitura.

1.08	Démolition de construction en maçonnerie ou en béton non armé	m³	99.99			
1.09	Démolition de construction en béton armé	m³	99.99			
	Montant partiel série - 1				999,999,00	
2	TERRASSEMENTS					
2.01	Déblai ordinaire mis en dépôt	m³	9.99			
2.02	Déblai mis en remblai	m³	9.99	6,500.00	94,935.00	Entre o PK 18+025 e 19+000
2.03a	Remblai provenant d'emprunt	m³	9.99	25,000.00	349,850.00	Do PK 39+000 ao 20+000
2.03b	Plus-value de transport matériaux pour remblai	m³/km	9.99			
2.04a	Couche d'amélioration de la plate-forme en sable jaune	m³	9.99			
2.04b	Plus-value de transport matériaux pour amélioration de la plate-forme	m³/km	9.99			
2.05a	Remblai perméable, matériau drainant et filtrant	m³	9.99			
2.05b	Plus-value de transport matériaux drainant et filtrant	m³/km	9.99			
2.06	Réglage et compactage de la plate-forme	m²	9.99	12,000.00	11,880.00	Entre o PK 19+000 e 21+700
2.07	Réalisation des talus	m³	9.99	4,500.00	44,355.00	Entre o PK 38+000 e 39+500

Figura 11 - Planeamento semanal inicial da obra.

No final de cada semana, o levantamento das atividades efetivamente concretizadas pelos responsáveis de cada atividade era feita visualmente no local e sem periodicidade definida. Constatou-se que quando eram abordados sobre o estado dos trabalhos, estes não tinham perceção da sua evolução.

Importa também referir que este documento era apenas utilizado pelos encarregados de frente. Relativamente aos sub-empregueiros, a adjudicação de trabalhos era formalizada através de documentos não *standardizados* como mostra a Figura 12.



Figura 12 - Documento de adjudicação de trabalho a sub-empregueiros.

Analisando o procedimento de adjudicação a sub-empregueiros contataram-se os seguintes problemas referenciados na Tabela 3:

Tabela 3 - Constatações sobre o procedimento de sub-empregueiros.

Dificuldades Sub-empregueiros
Dados Dispersos
Dificuldade em identificar sub-empregueiros e a sua localização
Inexistência de acompanhamento da evolução dos trabalhos de cada sub-empregueiro
Dados do apontador são usados apenas para produção global semanal por tipo de elemento (lancil, passagem hidráulica, etc.)
Sub-empregueiros não sentem controlo ou pressão.

3.2.2 Novo planeamento

O pressuposto da implementação do LP surgiu por ser um modelo, já testado em várias obras de construção, capaz de aumentar a fiabilidade do processo de planeamento e controlo de produção e que consequentemente melhorasse o fluxo de trabalho e produtividade.

Para que a integração do modelo ocorresse de uma forma simples e limitasse ao máximo a resistência à mudança, tentou-se adaptar à realidade do modelo em funcionamento, ou seja, as ferramentas já em uso foram conjugadas com o novo modelo.

Após análise do processo de planeamento em vigor na obra, reuniu-se com a direção de obra para aprovação da implementação do LP. Dada a autorização, elaborou-se um mapa de LP mensal e semanal (Figura 13) com o auxílio do *software MS Excel*.

Planeamento Semanal														Estrada	Evo
Semana 22 24-mai-14															
Motivos não conclusão 1 Chuva (Pluie) 2 Falta equipamentos (Manque équip.) 3 Desenhos (Dessins) 4 Mão de obra (Main d'oeuvre) 5 Segurança (Sécurité) 6 Atividades dependentes (Act. Dépendentes) 7 Alteração de sequência (Changement séquence) 8 Falta de material (Manque matériel) 9 Atraso de atividades (Activités en retard) 10 Alteração de projeto (Changement Projet) 11 Falha mecânica (panne) 12 Falta recepção (Manque réception)														Total atividades: 16	
														Atividades completas: 0	
														% Planeamento cumprido	
Nº	Atividade	Pk Début Pk Fin	Objetivo	Responsável	24	25	26	27	28	29	30	Concluída?			
					sáb	dom	seg	ter	qua	qui	sex	Real	%	?	Motivos para não conclusão / Observações
1	Décapage	Pk 7+525 Pk 8+000	475 m	Ibrahim			X	X							
2	Deblai mis en remblai	Pk 7+825 Pk 8+100	275 m	Ibrahim					X	X	X				
		Pk 8+100 Pk 22+600	2.600 m	Eric											
3	Aterro (Deblai)	Pk 20+000 Pk 22+600	2.600 m	Kijji			X	X	X	X	X				
4	Fundação sable jaune (h=0,30m)	Pk 24+975 Pk 25+212	237 m	Kijji				X							
5	Fundação sable jaune (h=0,30m)	Pk 23+500 Pk 24+025	525 m	Kijji					X	X					
6	Couche de base en T.V.C (h=0,20 m)	Pk 24+975 Pk 25+212	237 m	Kijji				X							
7	Couche de base en T.V.C (h=0,20 m)	Pk 23+500 Pk 24+025	525 m	Kijji					X	X					

Figura 13 - Protótipo do plano semanal.

Na parte superior da folha encontra-se os motivos possíveis para não conclusão das atividades na construção civil. De acordo com (Ballard & Liu, 2009) existem sete causas principais para a não conclusão: fraco planeamento de comprometimento, material, atividades precedentes,

condições atmosféricas, equipamento, recursos e segurança e que influenciam o valor de PPC e a baixa produtividade.

Em baixo, estão enumeradas de uma forma clara e sucinta as atividades previstas para a semana, a sua localização, o objetivo a cumprir para a semana, os dias de execução e os responsáveis. No final de cada semana, deve ser feita a análise das causas de não conclusão das atividades e ser transportada essa informação para um gráfico circular como se mostra na Figura 14.

O passo seguinte foi a elaboração de um mapa *standard*, que se encontra no ANEXO C, onde é discriminado as atividades, setores que participam em cada fase e o estado temporal em que deverá ser realizado.

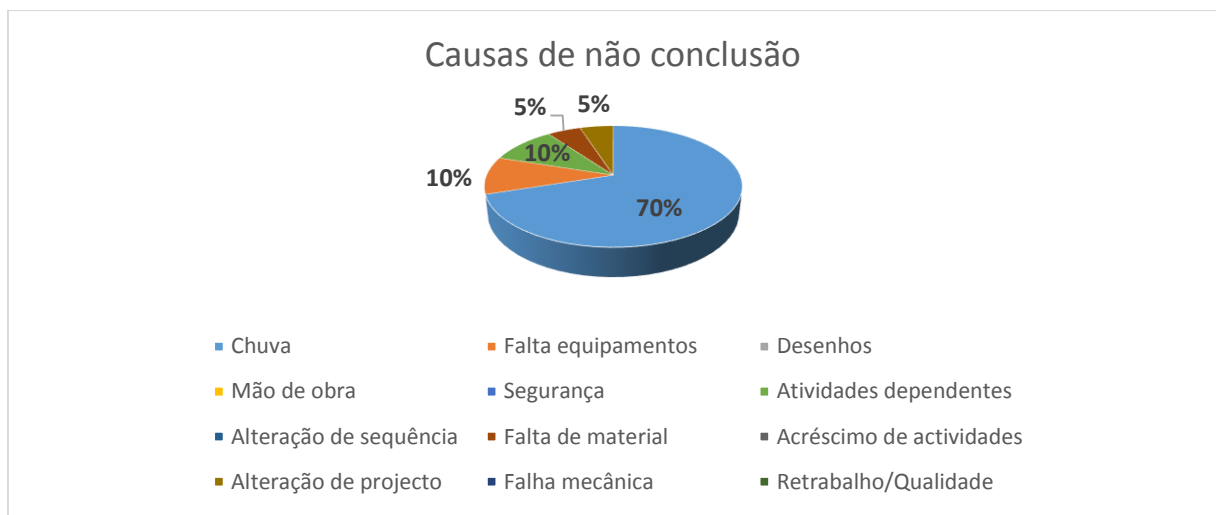


Figura 14 -Visualização gráfica para não conclusão atividades.

Sugeriu-se que o procedimento fosse efetuado do seguinte modo:

Na **fase 1** (Reunião de planeamento) era conveniente a participação do departamento de logística, do encarregado geral da obra e encarregados de frente de obra na composição do plano semanal, o que não ocorria no início. Estando os principais intervenientes do processo presentes na discussão do tipo de atividades a realizar na semana seguinte, o plano torna-se mais realista.

Na **fase 2** (atualização do Quadro de Gestão Global de Obra), o departamento técnico fica responsável pela afixação, na sala de reuniões, do plano semanal e preenchimento do plano mensal.

Na **fase 3** (Atualização do quadro gestão visual nas frente de obra) o encarregado geral, no início da semana, entrega o plano semanal aos encarregados de frente de obra para preencherem as atividades previstas, tendo nesse documento a informação da localização e trabalhos do resto da equipa.

Na **fase 4** (Preenchimento do executado do Modelo Y) o encarregado geral com a sua equipa efetuam um levantamento do estado das atividades. Sendo o almoço, o único momento do dia em que se encontravam todos, seria uma boa altura para entregarem a informação do dia anterior. Outra sugestão dada, foi o preenchimento do plano semanal no fim do horário laboral no mapa que se encontrava na sala de reuniões do estaleiro.

Na **fase 5** (recolha e análise do Modelo Y), cabe ao encarregado geral entregar ao departamento técnico o plano devidamente preenchido para este introduzir na plataforma informática e analisar os motivos de incumprimento com o planeado. Na reunião de planeamento discute-se

o grau de execução das atividades, os aspetos que correram bem e as dificuldades encontradas e volta-se a realizar um novo plano de atividades para a semana seguinte.

Resumidamente, pretendesse que a incorporação do LP com o sistema utilizado pela empresa possa transformar as atividades que “DEVEM” ser feitas em atividades que “PODEM” ser feitas. Ao realizar essa separação de atividades, devesse agrupar as atividades que “PODEM” ser realizadas e colocar no plano semanal de trabalho. Consequentemente, o plano semanal de trabalho representa o compromisso dos últimos planeadores na execução de atividades que realmente “VÃO” ser realizadas. A Figura 15 esquematiza as fases e processos do LPS.

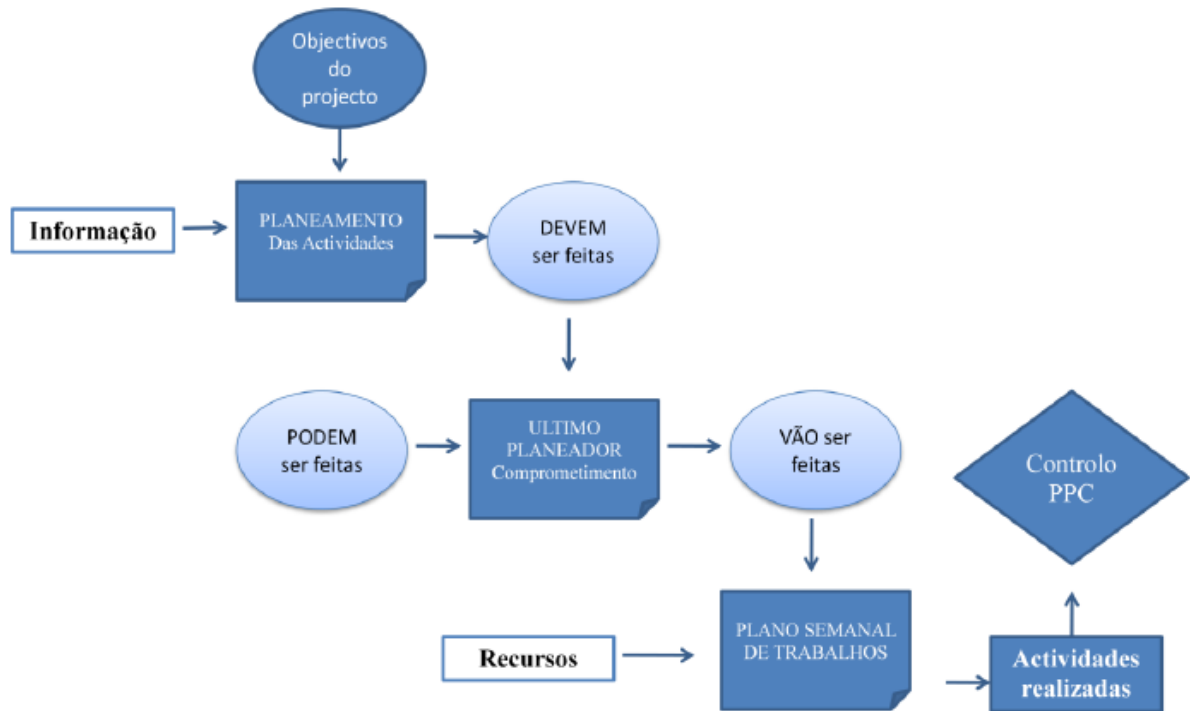


Figura 15 - Esquema simplificado do LPS (Ferreira, 2010).

Em relação aos sub-empregueiros, executou-se um plano nos mesmos moldes do plano semanal destinado a serviços externos, ficando do encarregado dos sub-empregueiros responsável pela recolha e a entrega dos planos ao encarregado geral, no fim da semana.

Tratando-se de uma nova ferramenta, procedeu-se a uma formação no terreno a todos os intervenientes (Figura 16), nomeadamente ao encarregado geral, aos encarregados frente de obra e aos sub-empregueiros.



Figura 16 - Formação do *Last Planner* aos encarregados.

Com a implementação, já foi possível visualizar o conjunto de atividades a realizar durante a semana e com objetivos claros para cada encarregado (já não existe a quantificação do valor

monetário, mas sim as quantidades de terra a transportar). Com a entrega do documento no início de cada semana a cada encarregado, pretende-se que estes preencham diariamente a evolução das atividades e ao fim de cada semana, o encarregado geral recolha toda informação e o departamento técnico faça uma análise global da semana para que seja discutida na reunião semanal.

Referente às atividades dos subempreiteiros, depois de uma fase de teste ficou acordado que a responsabilidade do preenchimento do LP ficaria a cargo do responsável pelos subempreiteiros, visto estes terem habilitações muito baixas e à enorme probabilidade de perderem sistematicamente o papel com o plano semanal.

Definiu-se estrategicamente as reuniões e os procedimentos do LP e desenhou-se um calendário (ver Tabela 4).

Tabela 4 - Datas para as reuniões do novo plano.

Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta -Feira
8h00- Entrega do plano encarregado geral por parte da Técnica para distribuição pelos restantes encarregados				
			17h00- Recolha da informação feita pelo encarregado geral a entregar à Técnica	17h00- Reunião Semanal de Produção (avaliação da semana e elaboração do plano para semana seguinte)

As reuniões de planeamento da produção semanal realizam-se às Sextas-feiras, pelos seguintes motivos:

- A proximidade com a semana seguinte diminui a probabilidade de haver uma variação do processo, tornando assim, o plano de produção semanal elaborado nesta reunião mais confiável;
- Por ser no final da semana, permite incluir no plano de produção da semana seguinte as atividades do atual plano que, por diversos motivos, tudo indica que não vão ser concluídas.

Com a perspetiva de facilitar a interpretação e comunicação da informação nas várias fases do processo de planeamento e controlo, foi tido em conta o sentido que mais absorve a informação-a visão. Toda a informação referente ao LP foi colocada estrategicamente na sala de reuniões para que fosse visível a todos os intervenientes os pontos de situação das atividades (Figura 17).

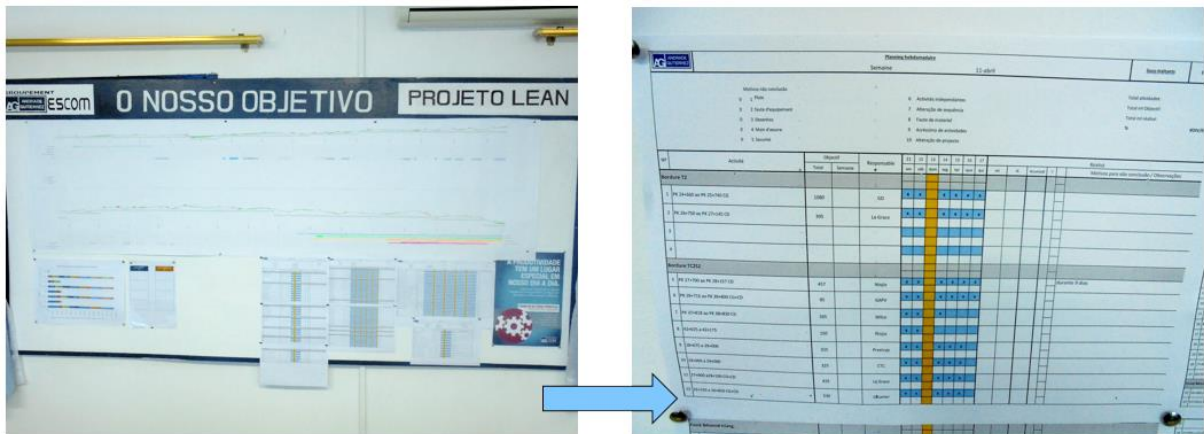


Figura 17 - Localização do LP na sala de reuniões.

Na execução da ferramenta do planeamento não houve a obtenção dos resultados devido às seguintes dificuldades encontradas:

- A estratégia de construção não é realizada de acordo com os princípios do LP, em que é apontado que tem que existir um encadeamento das atividades;
- Através do ANEXO D, é possível verificar que nos meses de abril e maio choveu mais do que o previsto e desta informação dá para entender o reduzido número de atividades. Causas externas, como a visita do Presidente da República à obra, fizeram com que todas as atividades programadas fossem alteradas e causasse um atraso de 1 semana no mês de maio.
- O departamento Técnico insistia em colocar atividades atrasadas no planeamento, mesmo sabendo que não seriam realizadas.
- Grande rotação dos sub-empregados nos trabalhos efetuados que impedia o correto levantamento de dados.

Apesar de todas as adversidades mencionadas, os planos semanais e mensais foram sempre elaborados pelo departamento técnico. No entanto, a recolha dos dados nunca chegou a ser feita, um pouco por receio do controle exercido e ao sentimento de frustração da equipa de produção pela não conclusão das atividades. Outro procedimento que não estava a realizar-se era as reuniões diárias entre o encarregado geral e os encarregados de frente de obra causado pelos horários diferenciados de cada encarregado. O plano excessivamente discriminado de todas as atividades também foi um inconveniente para o sucesso da implementação do LP. Para melhorar, foi sugerido apenas a descrição das atividades mais relevantes para a semana, nomeadamente a terraplanagem. Pensa-se que com a chegada da época seca, o ritmo das atividades seja maior e com esta alteração consiga-se vencer a resistência da equipa de produção.

3.3 Manutenção

Todos os equipamentos sejam eles mecânicos, elétricos, hidráulicos ou pneumáticos estão sujeitos a degradação das suas condições normais de operacionalidade, com o decorrer do tempo, em consequência do uso e até por causas acidentais. É missão da Manutenção repor essa operacionalidade em níveis de bom funcionamento.

Para cumprir a sua missão, a Manutenção recorre a um conjunto diversificado de tarefas seleccionadas e programadas de acordo com as características e utilização do seu objeto e os padrões de serviço que lhe foram fixados. Essas tarefas, são, por exemplo a lubrificação, a limpeza, o ensaio, a reparação, a substituição, a modificação, a inspeção, a calibração, a revisão geral ou o controlo de condição. Ação da manutenção é efetuado ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Nesta obra, o departamento era estruturado da seguinte maneira:

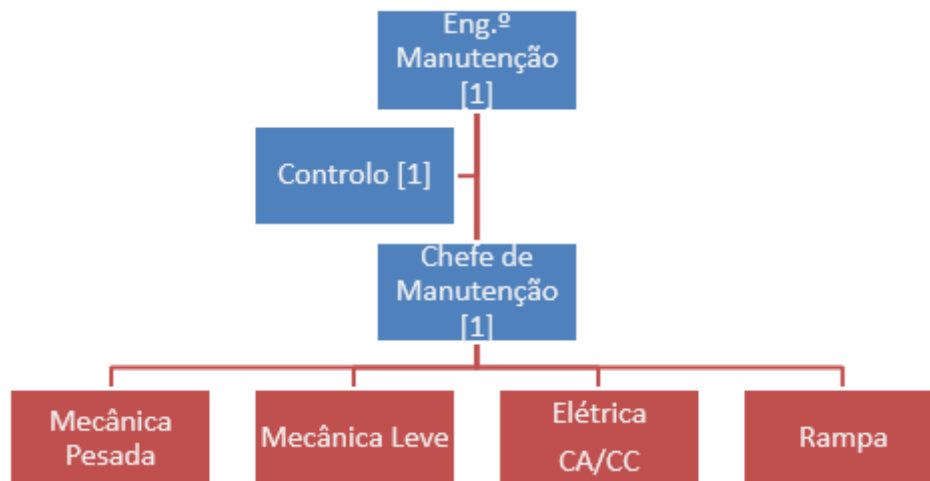


Figura 18 - Organograma departamento Manutenção.

3.3.1 Estado inicial

Como é possível ver pela Figura 18, a Manutenção é dividida em 4 setores:

- Mecânica pesada – setor responsável por equipamentos tais como *bulldozer*, *dumpers*, escavadoras, giratória, motoniveladoras e cilindros.
- Mecânica leve – setor responsável por todos os camiões existentes em obra.
- Elétrica – setor responsável por todos os equipamentos de mecânica leve e pesada
- Rampa – setor responsável pela lavagem e lubrificação

A grande dificuldade deste setor prendia-se com o elevado número de máquinas paradas por falta de material. Devido à localização da obra e à escassez de fornecedores de peças locais, o material só podia ser adquirido na capital do Congo e, caso não existisse, teria que ser requisitada a Portugal. O tempo médio de entrega do material proveniente de Portugal é aproximadamente de 93 dias. A estratégia utilizada pela Manutenção, quando era necessário uma peça urgente para um equipamento e o tempo de entrega era elevado, passava por retirar a peça de outro equipamento equivalente que estivesse avariado na oficina. Por exemplo, se um camião ficasse imobilizado devido à avaria de uma válvula e, se o prazo de entrega fosse muito extenso, a Manutenção recorria a veículos presentes na oficina, da mesma marca, que estavam parados devido à falta de outras peças e retirava a válvula. Este procedimento, de tantas vezes ser executado, levou à situação de terem equipamentos sem inúmeras peças, designando por equipamentos canibalizados. Para agravar a situação, verificou-se que os mecânicos retiravam o material dos equipamentos e não davam a indicação de qual equipamento retiravam e onde colocavam.

Uma atividade também observada foi a inspeção mecânica a veículos onde o responsável de controlo, através do *software* de Manutenção da empresa, obtinha a informação de quais os equipamentos que necessitavam de realizar uma revisão preventiva. Posteriormente à passagem do equipamento pela rampa para lavagem e lubrificação, este era entregue a um mecânico local para realizar a inspeção. Verificou-se em algumas ocasiões, o esquecimento por parte dos mecânicos de verificarem todos os pontos necessários descritos pela equipa de Manutenção e por falta de experiência, não tinham a perceção de quando deveriam aprovar ou reprovar os pontos a inspecionar. Situações de veículos que passado pouco tempo da inspeção mecânica regressavam à oficina com problemas nos pontos inspecionados, levou a que as inspeções fossem acompanhadas por um expatriado para controlo do trabalho dos locais.

Relativamente à organização das equipas de trabalho, não havia um controlo do mecânico alocado ao equipamento. Era frequente realizarem uma verificação técnica ao equipamento depois de uma reparação, e quando era encontrada alguma não conformidade, não havia a informação do colaborador que tinha trabalhado no veículo para corrigir/formar o colaborador.

Muita das avarias causadas nas máquinas utilizadas para a construção de uma estrada deve-se à falta de lubrificação das máquinas. Como a empresa já tem uma larga experiência nestas situações, foi estipulado efetuarem com uma periodicidade quinzenal o programa de lubrificação. Com uma frota de 85 equipamentos, a maioria encontra-se na frente de obra, que fica aproximadamente a 48 km do estaleiro, onde é localizada a Rampa. Retirando os camiões e os tratores, todos os equipamentos necessitam do porta-máquinas para a deslocação ao estaleiro.

3.3.2 Melhorias

Neste departamento, para resolução dos problemas encontrados, recorreu-se maioritariamente à gestão visual. Para combater a movimentação de peças de um equipamento para o outro, implementou-se um quadro de gestão visual para registar a seguinte informação: data da troca, o equipamento de onde a peça foi retirada e equipamento onde foi colocado, a designação do material, o responsável que efetuou e o número da *SM* (Figura 19).

[illegible]

Figura 19 - Quadro gestão de vales.

Atualmente, cabe a função do chefe de manutenção, diariamente, efetuar a verificação dos vales das peças e proceder ao pedido de encomenda, caso esta ainda não tenha sido feita. É posteriormente processado numa base de dados os registos da informação que se encontra no quadro.

O quadro foi instalado numa zona de maior movimento da oficina e próximo do escritório do chefe de manutenção, permitindo a visualização mais frequente por parte dos diferentes responsáveis.

Na sala dos encarregados da mecânica leve e pesada, foi colocado um quadro de gestão visual com a informação relativa à alocação dos mecânicos de acordo com o serviço a realizar. Foi atribuído a cada mecânico um número, colocado na legenda ao lado do quadro. É preenchido o equipamento que se encontra em reparação, os mecânicos que nela estão a trabalhar, o estado da reparação e se foi efetuado o pedido de material, caso seja necessário (Figura 20).



Figura 20 - Quadro gestão visual alocação peças.

Quanto à questão das inspeções mecânicas, foi elaborado um plano de trabalho que se encontra no ANEXO E, onde foi impresso e plastificado alguns exemplares. Como é possível verificar, o plano foi elaborado por seções tendo em conta o percurso à volta das máquinas, a identificação da máquina, o tempo estimado que o colaborador tem para realizar a inspeção e a identificação visual das não conformidades. O novo procedimento implementado passa pela entrega de um plano a um mecânico, onde este coloca um visto caso esteja em conformidade ou uma cruz quando deteta uma não conformidade e no final da inspeção, este é obrigado a entregar ao encarregado para este confirmar a sua inspeção. Na Tabela 5 encontram-se as vantagens encontradas com esta ação.

Tabela 5 - Pontos fortes na aplicação de padrão de trabalho.

Vantagens
Criação da noção do tempo que deve ser dedicado à atividade
Minimização da variabilidade e distrações/esquecimentos durante a inspeção visual
Minimização de movimentações

Esta alteração permitiu uma diminuição de tempo significativa e uma melhor qualidade do trabalho realizado. Uma inspeção que anteriormente demorava aproximadamente 40 minutos é realizada agora em 20 minutos, ocupando menos tempo de um expatriado.

Identificado um desperdício de movimentação de equipamentos da frente de obra para o estaleiro de forma a efetuar a lavagem e a lubrificação dos equipamentos, foi proposto à direção de obra a construção de uma rampa no local onde os veículos da frente de obra ficavam estacionados no fim do dia no PK 20+000. Após um pequeno estudo (ANEXO I) para

quantificar a poupança que existiria com a implementação deste estaleiro, foi autorizado pela administração a sua construção. Para esta ação foi necessário a construção de uma rampa com material existente da obra, a colocação de um contentor para colocação de óleos, ferramentas, máquina de pressão e material de desgaste habitualmente substituído. A construção do estaleiro de frente teve início no final de abril e em maio começou a ser testado. Na Figura 21 é possível ver a implementação do estaleiro de frente.



Figura 21 - Implementação estaleiro frente de obra.

No período de construção realizou-se uma reunião com o encarregado geral para planejar o tipo de máquinas e o número de veículos que seria necessário alocar no *PK 20+000*. Elaborou-se um mapa idêntico ao do estaleiro central de rampas (Figura 22).

GROUPEMENT AG ANDRÉO SUPERREPS ESCOM													RAMPE DE PROGRAMMATION DES EQUIPEMENT'S - 2ª SEMANA						SEMANA:			DATA:		
HORÁRIO	R	O	SEGUNDA		R	O	TERÇA		R	O	QUARTA		R	O	QUINTA		R	O	SEXTA		R	O	SÁBADO	
07:00			VUMA				ETOMBI				LOUNGE				BAGANGTE				BEYLA				MISSAKILA	
08:00			CO047				COCO KO				CO OKIA				CO057				CO 044				CO 045	
09:00			MANJO				IRIE				BOUNGE				PORY				OKONGO				ALBEIROS	
10:00			BU 015				QUIBENZE				QUIMBOAQUI				QUICANSA				BU 016				560	
11:00			539				540				541				542				543				544	
13:00			AKANA				SB 470				BADE				SB 472				EKAKA				SB 474	
14:00			KIDAL				SB 478				KAYES				SB 476				NIGOMBA				CHINGUETTI	
15:00			552				554				555				557				LISSALA				558	
16:00			PE 034				PE 011				PITA				EWO PE 020				LESSIA				KYALA	
Informamos aos usuários que o horário refere-se ao início da revisão. A previsão da revisão do Equipamento / Veículo (Lavagem, Lubrificação, Inspeção Mecânica / Elétrica) é de 3 horas.																								
RAMPA			C		Presente			N		Faltou			OF											
OFICINA			C		Presente			N		Faltou			OF											

Figura 22 - Programação semanal da rampa.

Percebeu-se rapidamente que a programação da rampa no estaleiro de frente não era possível de ser executada devido à ausência da maioria das ferramentas para determinados trabalhos e à falta de uma máquina de pressão adequada ao serviço. Outra dificuldade prendeu-se com o facto de algumas revisões serem antecipadas, ficando por outro lado revisões por realizar fora do prazo pela falta de capacidade da rampa. Como solução para este problema, sugeriu-se que a escala no PK 20+000 teria que ser realizada pelo tipo de família e não pelo nome do equipamento. Por exemplo, como as motoniveladoras não eram necessárias pela manhã, havia disponibilidade para uma das motoniveladoras deslocar-se à rampa ficando a definição de qual deveria ir especificamente a cargo do controlador da Manutenção, no início de cada semana (Figura 23).

<div> <div> <div>GROUPEMENT</div> <div>AG ANDRADE GUTIERREZ</div> </div> <div>ESCOM</div> </div> <div>ESCALA DE INTERVENÇÃO PREVENTIVA PK 20+000</div>	
HORÁRIO	GRUPO DE MÁQUINAS
07:00	MOTONIVELADORAS
08:00	
09:00	TRATORES AGRÍCOLAS
10:00	BULLDOZZER
11:00	ROLOS COMPACTADORES
12:00	
13:00	CARREGADEIRAS
14:00	RETRO ESCAVADEIRAS
15:00	
16:00	DUMPER/ ESCAVADEIRAS
17:00	
18:00	

Figura 23 - Escala de intervenção PK 20+000.

Este caso é um exemplo de que a implementação *Lean* está em constante adaptação: deve-se implementar, testar e melhorar sempre que possível.

Neste setor aplicou-se também a ferramenta *5S* nos escritórios dos encarregados (Figura 24). Realizou-se uma formação de *Lean Office*, tendo os encarregados aplicado as várias ferramentas ao seu local de trabalho. Esta formação foi motivada por se ter detetado um desperdício de tempo por parte dos encarregados na procura dos catálogos dos fornecedores e na pesquisa de pedidos de material efetuados ao armazém.



Figura 24 - 5S na Manutenção.

3.4 Logística

O departamento de logística é a área da Gestão da Cadeia de Abastecimento que planeia, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e económico de matérias-primas, materiais semi-acabados e produtos acabados, bem como as informações a eles relativas, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes (Carvalho, 2002).

3.4.1 Estado inicial

Na fase de levantamento, efetuado no departamento de manutenção, verificou-se uma enorme quantidade de peças colocadas em contentores; material que não tinha sido aplicado nos equipamentos e levantado no armazém. No entanto o armazém dava baixa desse material na altura do levantamento. Esta situação proporcionou imensas vezes a solicitação de materiais a Portugal, em que o tempo médio é de 93 dias, e quando a compra estava efetuada constata-se que existia em *stock* nos contentores esquecidos. Com a falta de liquidez da obra para aquisição de peças novas, tornava-se prioritário minimizar esta falta de controlo e impedir a formação de um segundo *stock* nos contentores.

Outra situação observada foi referente à rutura de *stock* dos consumíveis utilizados pelos sub-empreiteiros. Apesar de serem adquiridos localmente, a falta de ferro e madeira levava à paragem dos trabalhos na frente de obra, causando um desperdício de espera.

Constatou-se que grande parte do tempo de trabalho dos responsáveis do armazém era para atendimento a encarregados da mecânica, para obtenção de informação sobre a autorização da administração aos pedidos efetuados e previsões da data de chegada. Existia pouca monitorização/controlo por parte do armazém.

3.4.2 Melhoria

Na tentativa de reduzir o desperdício que existia com o material esquecido, existente em contentores, foi realizado um novo procedimento para o levantamento do material por parte da Manutenção. Todo o material pedido para máquinas paradas, ou seja, para aplicação direta, é guardado em caixas específicas (Figura 25).

Quando é realizada a receção do material para as máquinas paradas, o armazém é responsável por informar a manutenção, via *e-mail*, da chegada do material para aplicação direta. Deu-se um prazo de 30 dias para efetuar o levantamento do respetivo material e caso a data seja ultrapassada, o material é guardado no armazém.

Atualmente o material para aplicação direta é aprovisionado em cada caixa, onde existe uma identificação do nome do equipamento a que se destina e a data de chegada de material. Com esta nova aplicação, existe um menor erro de efetuar um pedido de peças e elas existirem no estaleiro.



Figura 25 - Caixas de material para aplicação direta.

A ferramenta *Lean* para informar os encarregados da Mecânica do estado dos pedidos e o *stock* existente de consumíveis para os sub-empregueiros foi, uma vez mais, a utilização da gestão visual.

De forma a minimizar as constantes interrupções por parte da Manutenção, foi colocado um quadro em frente ao balcão do armazém, onde são efetuados os pedidos e levantamentos de material (Figura 26).



Figura 26 - Quadro gestão estado das SM's.

Com esta aplicação conseguiu-se reduzir o número de interrupções e permitiu aos responsáveis de armazém estarem disponíveis para outro tipo de assuntos.

Na Tabela 6, encontra-se os aspetos positivos e negativos com esta alteração.

Tabela 6 - Resultados da aplicação no setor de logística.

Vantagens:
Boa visibilidade a qualquer pessoa que se aproxime do armazém para levantar material
Controlo detalhado das fases mais importantes no fluxo logístico das SM's de máquinas paradas
Fácil comunicação entre todos os departamentos interessados
Desvantagens
Preenchimento manual
Atualização não é automática – possível atraso no fluxo de informação

Também no interior do armazém foi construído um quadro de monitorização dos materiais destinados aos sub-empregueiros. Neste, consta os diâmetros de ferro e os diferentes tipos de madeira (Figura 27). Foi colocado nas partes laterais do quadro, o stock mínimo para cada posição e o padrão de trabalho para esta atividade (ver ANEXO J).



Figura 27 - Quadro gestão de consumíveis.

Na Tabela 7, encontram-se as vantagens encontradas com este padrão de trabalho.

Tabela 7 - Resultados da aplicação quadro consumíveis.

Vantagens:
Definição clara das atividades e encadeamento das mesmas que envolvem o controlo e preenchimento do quadro de gestão visual dos níveis de <i>stocks</i> de consumíveis;
Responsabilização pelas atividades;
Ajuda visual para fácil interpretação das atividades e fácil formação das pessoas envolvidas ou que passem a estar envolvidas na falta de alguém

3.5 Central de Britagem

A britagem consiste na quebra de partículas pela ação de esforços compressivos ou de impacto. Os esforços compressivos são aplicados, em geral, por meio do movimento periódico de aproximação e afastamento de uma superfície móvel contra outra fixa. Uma aplicação dos processos de britagem é na produção de agregados para construção civil.

3.5.1 Estado inicial

Localizada a 80 Km do estaleiro, do lado oposto da construção da estrada e com difíceis acessos encontra-se a pedreira que produz as britas para a obra (Figura 28).



Figura 28 - Pedreira.

Nela encontra-se instalada uma britadora para a produção de britas para agregar ao betão e para a realização da sub-camada da estrada onde vai assentar o betuminoso. Para a construção da sub-camada, é necessário a quebra de rochas em frações de 0/5, 5/10 e 10/15 mm. A mistura destas frações é designada por *Tout Venant*. Cada mudança de frações necessita de uma paragem da máquina e de uma mudança de malhas, normalmente realizada no início da atividade. Devido à necessidade da obra, esta atividade trabalhava em dois turnos de 10 horas de modo a produzir o material necessário para a construção da estrada.

Analisada a informação referente ao ano anterior (Figura 29), verificou-se que 71% das perdas era provocado por defeitos mecânicos.



Figura 29 - Causas de perdas do britador em 2013.

Numa visita de 4 dias realizada à central de britagem analisou-se o processo para entender os valores obtidos relativo ao ano anterior. Reparou-se desde logo, que uma britadora é constituída por diversas peças de desgaste e numa revisão é necessário proceder-se à:

- Reparação/ manutenção do tapete de scorpion
- Reparação de soldadura na tremonha
- Afinação do primário
- Afinação do secundário
- Troca de material de desgaste
- Troca de peças quebradas

Efetuuou-se um levantamento de tempos desde o início do primeiro turno até à troca pelo segundo turno. O primeiro turno trabalhas das 7h00 às 17h30 e o segundo turno das 17h30 às 3h00. Na Tabela 8 segue a observação de três dias no início de Abril do trabalho na central de britagem.

Tabela 8 - Levantamento de tempos das operações na central britagem.

Turnos	Manutenção	Atividades
1 ° Turno	Arranque da Central 7H -10H	15 min T.D.S.
		30 min Lubrificação
		20 min Limpeza da Central
		30 min Afinação da Central
		70 min Corretivas
		15 min Espera por pedra
2 ° Turno	Troca de Turno 17H30 - 18h05	5 min Troca de equipamento
		15 min Verificação equipamento
		15 min Espera por pedra

Na etapa matinal, o número de colaboradores a aguardar por ordens do encarregado para a revisão dos diversos pontos a efetuar no britador era elevado. A ordem e a verificação de cada procedimento eram dadas pelo encarregado. Devido à falta de habilitações por parte dos locais e à organização de trabalho que estes tinham, o encarregado era obrigado acompanhar sempre os trabalhos para que a reparação da britadora fosse a melhor possível.

Das observações realizadas, 3h25 era gasto nas etapas de verificação da máquina e, em média 1h25 era gasto na reparação de avarias que iam surgindo ao longo do dia. Sendo abertura do dia de 20 horas, pode-se concluir que 25% era em perdas. Um valor elevado e com uma margem de melhoramento.

3.5.2 Melhoria

Dos oito Mudras existentes, o desperdício mais detetado nesta atividade foi a espera. Espera dos colaboradores pelas ordens de trabalho, pela verificação do encarregado do trabalho e pela matéria-prima para alimentar a britadora. Da análise da Tabela 8, é possível verificar que em cada turno, após a realização de todos os procedimentos, eram desperdiçados 15 minutos pela espera da pedra que era transportada da pedreira até à britadora.

A maneira encontrada para diminuir os principais desperdícios de espera encontrados foi a criação de equipas de trabalho com os devidos procedimentos de trabalho. No ANEXO L, encontram-se a construção das 3 equipas: a do arranque do dia, a da manutenção e a do turno da noite. Na construção de cada equipa está referenciado cada atividade e o tempo estimado para a sua concretização.

Com esta alteração o colaborador ficou mais ciente do trabalho a realizar e especializa-se num só serviço. Esta decisão de realizar um único trabalho faz com o colaborador fique limitado apenas a essa atividade, mas melhora a qualidade no trabalho executado e em caso de alguma anomalia, o responsável pela execução do trabalho é rapidamente detetado e procura-se corrigir o erro.

Devido às atividades serem precedentes umas das outras, ficou à responsabilidade da última equipa a efetuar a revisão alertar o motorista que transporta o material da pedreira de forma a eliminar os tempos de espera da pedra.

Com a diminuição do tempo de espera da pedra nos 2 turnos, uma redução no tempo de arranque em menos 40 minutos e uma redução de 30 minutos do tempo de avarias pela organização de trabalhos, em termos de indicadores de perdas da central, teve uma redução de 30%. Para a redução do tempo de arranque, foi ainda sugerido a aquisição de uma pistola de aparafusar elétrica para o aperto de cerca de 80 porcas, quando é feita a alteração das malhas (crivo). Não foi possível a quantificação do melhoramento com a aquisição dessa máquina por não existir no mercado local e ter sido solicitado a Portugal.

Com estas alterações, monitorizou-se a disponibilidade da britadora e o arranque matinal (Tabela 9).

Tabela 9 - Monitorização de indicadores da Central de Britagem.

Indicador	Objetivo	Fevereiro	Março	Abril	Maior
Produção Tout Venant [m ³]	14 040	15 353	10 863	10 583	15 522
Disponibilidade	> 84%	81%	79%	82%	85%
Arranque Matinal	2h30	3h	3h15	2h41	2h15

Da análise da Tabela 9, é evidente um ligeiro melhoramento no arranque matinal e um aumento na disponibilidade da britadora.

3.6 Frente de obra

Como foi mencionado anteriormente, devido às condições meteorológicas dos meses de abril e maio, não foi possível dedicar o tempo pretendido às atividades da frente de obra no que respeita à cadência das diversas atividades. No entanto, constatou-se que existia uma margem de melhoramento em alguns processos construtivos.

3.6.1 Bi-couche

A construção da bi-couche tem por finalidade reduzir a velocidade da água proveniente das chuvas que se move no betuminoso e que posteriormente é dirigido para os terrenos adjacentes à estrada. Só é possível a realização desta atividade depois da colocação do betuminoso, quando todos os trabalhos na envolvente da estrada estão concluídos e em dias que não haja precipitação para que a junção do betume com o material granulado seja a desejada.

3.6.1.1 Estado inicial

Numa das observações realizadas a esta atividade foi possível verificar que existia excesso de mão-de-obra e etapas que não agregavam valor à atividade.

Para a colocação do granulado, existia um camião basculante, destinado unicamente a esta atividade, para carregar o granulado e colocado na parte posterior um atrelado onde caía o material para que a queda deste fosse uniforme. Esse atrelado tinha uma cavidade onde era colocado umas tábuas de madeira para controlar a largura da camada a ser extraída (Figura 30).



Figura 30 - Atrelado camião bi-couche.

Relativamente ao camião, a queda do material era feita por toda a largura do atrelado, o que obrigava a ter um colaborador dentro da caçamba do camião e um em cima do atrelado para dirigir o material para a cavidade aberta de onde o material saía com a largura desejada (Figura 31).



Figura 31 - Processo atual colocação bi-couche.

Após a observação da colocação de 600 metros de bi-couche na estrada foi possível verificar que eram necessárias 8 horas e durante esse tempo, observou-se a existência de imensas paragens do camião para o colaborador efetuar a deslocação do material para a cavidade do atrelado.

3.6.1.2 Melhoria

Num breve diálogo com o encarregado de betuminoso, concluiu-se que os maiores problemas da colocação da bi-couche eram:

1. Abertura total da tampa da caçamba em toda a largura do camião quando apenas era necessário abertura parcial;
2. Sub-aproveitamento das viagens do camião.

A solução encontrada para o primeiro problema foi a retirada da tampa da caçamba para dar lugar a uma tampa que permitisse que o material saísse pela parte desejada da queda do material diminuindo o tempo de paragem das movimentações de material no atrelado. Através de duas chapas de ferro e dois ferros de eliaço, material existente em armazém, foi possível a construção da nova tampa como mostra a Figura 32. Com esta alteração diminui-se o número de colaboradores necessários para atividade e reduziu-se o número de paragens do camião. Para realização dos 600 metros de bi-couche, atualmente é necessário 6h30. Em termos de conclusão

de obra, serão necessários colocar 33 Km de bi-couche e com esta alteração, em vez de ser necessários 55 dias para a sua conclusão demorará 45 dias.



Figura 32 - Alteração da caçamba do camião.

No segundo problema, o camião colocava a bi-couche em longas distâncias somente num dos sentidos da via e consequentemente, toda a viagem de regresso ao estaleiro era considerado *muda* de movimento. A melhoria encontrada para eliminar esse desperdício foi sugerir ao encarregado do betuminoso a realização da berma esquerda até meio do horário laboral e na outra metade, colocar a bi-couche na berma que fica na direção do estaleiro (Figura 33).

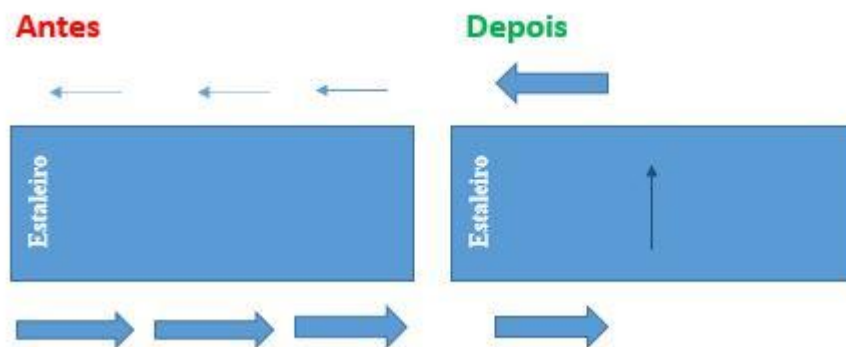


Figura 33 - Percurso da colocação da bi-couche.

3.6.2 Colocação do lancil

O processo de colocação de lancis pode ser executado antes ou depois da colocação do betuminoso. A atividade inicia-se com a marcação de uma linha nivelada no local onde vai ser encostado o lancil e seguidamente são colocados junto do local, os lancis e argamassa de cimento. Com o auxílio de uma giratória de pneus, procede-se à abertura da vala para que a fundação seja preenchida com argamassa de cimento para ligar os lancis de cimento. Quando a argamassa colocada para o dia de trabalho começa a ficar com as características pretendidas procede-se ao assentamento dos lancis de cimento sobre a mesma, tendo a preocupação de ficarem niveladas com a linha.

3.6.2.1 Estado inicial

A fabricação dos lancis é da responsabilidade da empresa, sendo os subempreiteiros responsáveis pela sua colocação. Da análise desta atividade, verificou-se que os materiais provenientes da empresa (lancis, cimento, granulados, água) eram colocados em locais que impediam a realização da tarefa ou concentrados no mesmo sítio como é possível ver através da Figura 34, causando tarefas desnecessárias aos pedreiros e serventes que não acrescentam valor ao processo.



Figura 34 - Logística de entrega de lancis.

Devido ao posicionamento inadequado do material, os colaboradores eram obrigados a realizarem o transporte manualmente, provocando um acréscimo de trabalho e perda de tempo que não acrescenta valor para a atividade (Figura 35).



Figura 35 - Transporte para posicionamento lancil.

3.6.2.2 Melhoria

A ferramenta utilizada para melhorar a colocação dos lancis no terreno foi o 5S. Fez-se uma consciencialização aos subempreiteiros para informarem o transportador, com o material proveniente do estaleiro, a colocarem de forma organizada e em locais onde não obstruísse a realização da tarefa. Enfatizou-se a aplicação do *Selton*, para que a localização dos elementos utilizados estejam sempre ao alcance do utilizador para que este não tenha que fazer movimentações desnecessárias.

Quanto às movimentações de colocação dos lancis na argamassa, através de uma pesquisa na internet, constatou-se que existe comercialização de mecanismos que facilitam a colocação de lancis (custojusto.pt, 2014). Com recursos existentes no estaleiro foi possível construir um mecanismo (Figura 36) semelhante ao encontrado na internet.



Figura 36 - Pega de lancis.

Esta ferramenta de apoio permitiu a colocação, em média de 35 lancis em vez dos anteriores 24. De acordo com o projeto da estrada, serão necessários a colocação de 28.000 lancis (equivalente a 28 km). Para que a entrega seja feita em setembro e com o processo anterior seriam necessários 9 sub-empresiteiros. Com o aumento de produção para 35 lancis e para o mesmo tempo serão necessários 6 sub-empresiteiros. Em termos de quantificação monetária, tal não foi possível devido ao sigilo que existe nos contratos dos sub-empresiteiros.

3.6.3 Lancil T2CS2

O lancil T2CS2 tem como função o encaminhamento da água das chuvas oriundas do betuminoso. Depois de a água ultrapassar a bi-couche, onde a velocidade é reduzida, esta necessita de ser encaminhada para os terrenos alheios à estrada. Esse encaminhamento é auxiliado através de lancis T2CS2 e quando o terreno da estrada é mais elevado do que o resto do terreno é feito através de descidas de água. Na Figura 37 encontra-se um exemplo de um lancil T2CS2.



Figura 37 - Exemplo de um lancil T2CS2

3.6.3.1 Estado inicial

A construção deste tipo de lancil está a cargo de subempresiteiros. Todo o material é cedido pelo agrupamento e a mão-de-obra fica a cargo dos subempresiteiros. A colocação só é possível depois da colocação dos lancis. Através da Figura 38, é possível ver que são colocadas umas tábuas de madeira a delimitar a zona que vai ser cimentada. De acordo com o projeto, a largura têm que ser obrigatoriamente de 250mm e altura do topo do lancil até ao T2CS2 de 130mm e 110mm do lado da bi-couche. Estas especificações, por vezes não eram cumpridas e o

acabamento tinha certos relevos superiores à bi-couche causando má escoamento e concentração da água das chuvas.



Figura 38 - Construção de lancil T2CS2.

3.6.3.2 Melhorias

Em muitos dos casos, existe junto dos colaboradores a solução para a resolução dos problemas que surgem na obra mas devido à falta de comunicação entre departamentos acabam por não sair do papel. Este foi um dos casos. Uma reunião com o departamento de topografia para minimizar o desperdício de não qualidade, foi sugerido contruir um molde com a inclinação exigida no projeto e que tivesse contacto entre dois pontos transversais da estrada. Utilizando material existente no estaleiro, utilizou-se uma tábua de madeira com as dimensões exigidas no projeto e colocou-se num dos extremos um ferro de aço que circularia na parte superior do lancil e o outro extremo assente no betuminoso (Figura 39).



Figura 39 - Molde T2CS2.

No entanto, não foi possível testar esta atividade devido a alteração do projeto por parte da fiscalização. Esta aplicação apenas seria colocada nas aldeias ainda por efetuar, num total de 3,5Km.

4 Considerações finais

A presente dissertação procurou demonstrar que a filosofia *Lean* aplicada a obras rodoviárias consegue diminuir os desperdícios existentes, sem grandes investimentos e através de pequenas modificações do modo de execução de cada atividade. Permitiu também evidenciar os principais problemas e desperdícios que se pode encontrar neste tipo de obras e com o auxílio da metodologia *Lean Construction* é possível melhorar a competitividade.

4.1 Avaliação de resultados

Apesar do estudo ter sido realizado na fase final de construção, foi possível melhorar a prestação de alguns setores. Analisaram-se os desperdícios existentes em cada um dos sectores e as suas atividades de modo a identificar quais as ferramentas *Lean* que pudessem ser implementadas sem a necessidade de grandes investimentos.

A nível global do estudo, as ferramentas mais utilizadas foram os 5S, a gestão visual e a padronização de trabalho. Procurou-se a implementação da ferramenta *Kaizen* e do planeamento e controlo da atividade, mas sem sucesso.

Com a aplicação da padronização de trabalho procurou-se diminuir os tempos de verificação dos equipamentos, redução de falhas e minimização de movimentos.

Com a utilização dos 5S, conseguiu-se organizar a frente de trabalho dos sub-empregados, originando um aumento do rendimento, maior segurança e materiais colocados em locais onde não prejudicam a correta realização das tarefas.

Apesar do *Just in time* se basear num sistema de “puxar” a produção originando apenas o necessário, no momento necessário e nas quantidades necessárias, há que ter em conta o meio onde a obra se encontra, o grau de confiança com os fornecedores e as vias de comunicação. Apesar de ser um ramo em que quando o cliente adjudica, já têm uma noção do que vai necessitar, existem muitas variáveis externas que não permitem utilizar esta ferramenta.

A ferramenta utilizada para o planeamento e controlo da atividade não foi bem-sucedida devido a questões climatéricas, à elaboração de planeamentos irrealistas e ao receio, por parte dos intervenientes, ao tipo de análise que seria feita com a recolha dos dados. Pretendia-se com a implementação do *Last Planner* um comprometimento e responsabilização de todos os colaboradores do processo produtivo e a médio prazo a realização de reuniões diárias como forma de alertar/reduzir os fatores internos (matérias, equipamentos, alterações de projeto).

4.2 Limitações de estudo

O estudo apresenta algumas limitações, desde logo o tempo de implementação das melhorias efetuadas e sua consolidação nos diferentes setores. Apesar de aceites algumas alterações, existe uma necessidade de acompanhamento mais próximo para que os colaboradores não retornem aos velhos procedimentos, desde há muito estavam assimilados.

A resistência à mudança também foi um aspeto que impediu a implementação de algumas ferramentas. A avaliação do trabalho de cada setor pode ser vista como um ataque pessoal ao seu trabalho, mas o que a filosofia *Lean* pretende é tornar os processos cada vez mais simples e eficazes.

Como mencionado ao longo da dissertação, as condições climatéricas influenciaram o estudo em algumas atividades. Devido a etapas de construção da estrada em questão, com a queda de chuva, todas as atividades eram suspensas e tornou-se difícil o estudo na frente de obra.

4.3 Recomendações para trabalhos futuros

Como demonstrado ao longo do caso prático, as alterações realizadas não são definitivas e apresentam uma margem de melhoramento.

É do conhecimento do senso comum que o setor da construção é dependente de inúmeras variáveis externas ao processo construtivo e requer que qualquer modelo a desenvolver tenha grande flexibilidade para ser moldado às circunstâncias.

Deverá ser realizado um estudo da implementação do *last planner* na fase de adjudicação por parte do cliente e comparar com uma obra semelhante mas com sua implementação a meio do curso.

Não foi realizado um estudo à central de betuminosos pela baixa operacionalidade motivada pelas condições climáticas, mas torna-se fulcral o seu estudo por ser das atividades com maior peso nos custos de uma obra desta envergadura.

Em suma, espera-se que este estudo sirva de base para futuros estudos de implementação da filosofia *Lean* a outro tipo de obras e que estimule as empresas a adotar estas estratégias para diminuição de desperdícios e consequentemente para o aumento de competitividade.

5 Referências

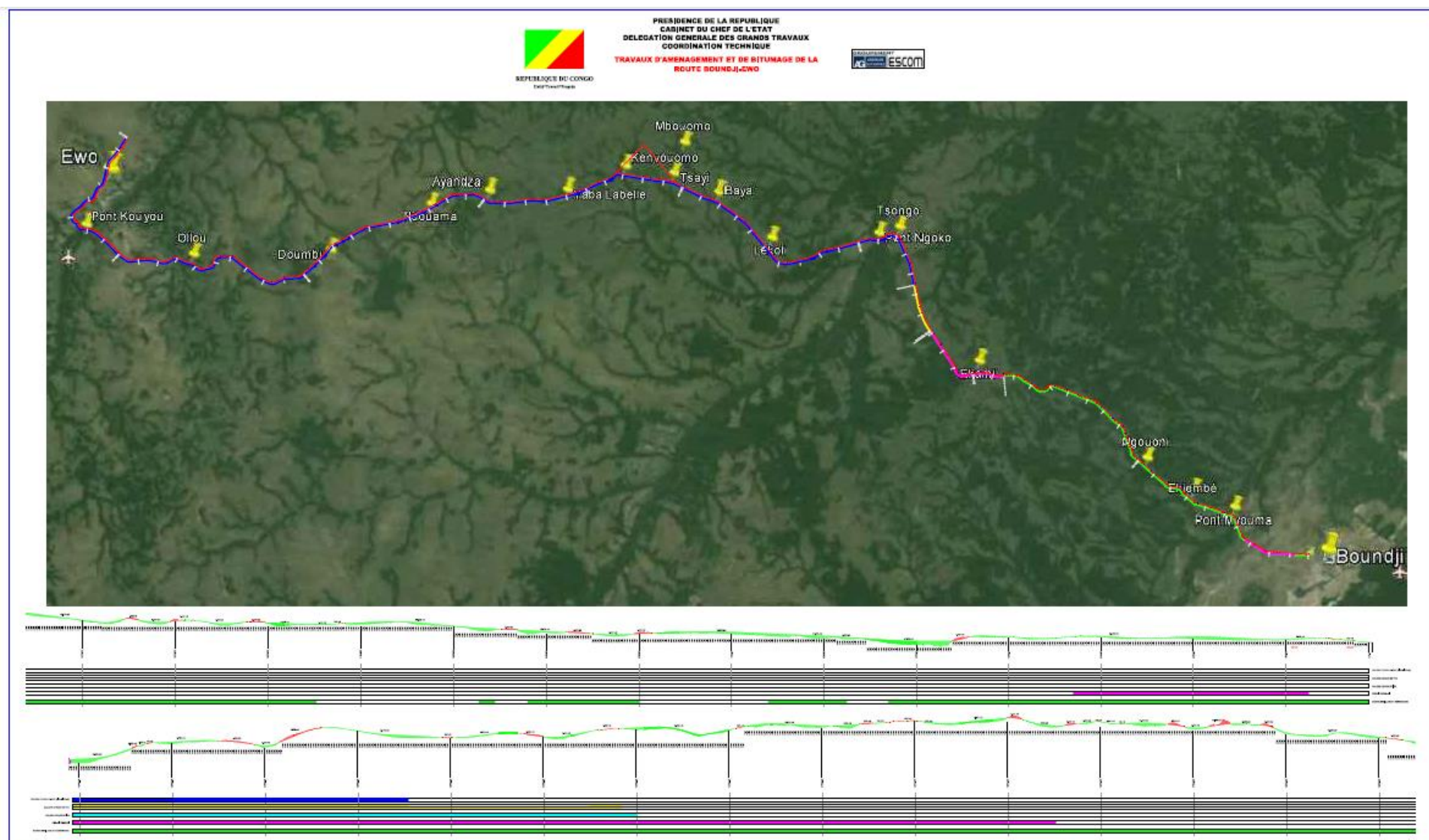
- Alarcón, L., & Seguel, L. (2002). Developing Incentive Strategies for Implementation of Lean Practices in Construction. *Tenth Annual Conference of the Internacional Group for Lean Construction*. Brazil: IGLC.
- Ballard, G., & Liu, M. (2009). Factors Affecting Work Flow Reability. *Proceedings for the 17th Annual Conference of the Internacional Group for Lean Construction*. Tailândia.
- Bertselsen, S., & Emmitt, S. (2005). *The Client as a complex system*. Sydney, Australia: IGLC-13.
- Carvalho, J. (2002). *Logística*. Lisboa: Silabo.
- Cruz, A. (2014). Catálogo Lean Constrution . Porto: XC Consultores.
- custojusto.pt*. (2014). Obtido em 17 de Abril de 2014, de www.custojusto.pt/braga/equipamento/pega-de-lancis-pequena-9466159
- Emmit, S., Sander, D., & Christoffersen, A. (2005). *The value universe: Defining a value based approach to lean construction*. Sydney, Australia: IGLC-13.
- estradasdeportugal.pt*. (Fevereiro de 2009). Obtido de [estradasdeportugal.pt: www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos](http://estradasdeportugal.pt/www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos)
- Ferreira, R. (2010). Lean Constrution na Norlabor - Engenharia e Construção, SA. Porto: Feup.
- Howell, G. A. (1999). What is Lean Construction. *IGLC*.
- Howell, G., & Ballard, G. (1998). *Implementing Lean Construction: Understanding and action*. Garuja: IGLC 6.
- Koskela, Lauri. (1992). *Application of the new production philosophy to constrution*. Stanford University, USA: Technical Report.
- Koskela, Lauri. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, Finlândia: VTT Building Tecnology.
- Koskela, Lauri. (2004). Making-do- the eight category of waste. *Proceedings of the 12th Internacional Conference for Lean Construction*. Dinamarca.
- Marosszeky, M., Thomas, R., Karim, K., Davis, S., & McGeorge, D. (2002). Quality management tools for Lean Production. *IGLC 10*, 2-5.
- Marques, P. (2012). *Lean Manufacturing numa fabrica de plásticos*. Porto: Feup.
- Moreira, F. (14 de Maio de 2014). *portal-gestao.com*. Obtido em 14 de Maio de 2014, de <http://www.portal-gestao.com/gestao/item/6023-implemente-a-filosofia-dos-5s-na-sua-empresa.html>
- Peneirol, N. (2007). *Lean Construction em Portugal- Caso de estudo de implementação do sistema de controlo da produção Last Planner*. Portugal: Instituto Superior Técnico.
- portaldaempresa.pt*. (3 de Junho de 2014). Obtido de [portaldaempresa.pt: http://www.portaldaempresa.pt/cve/services/balcaodoempreendedor/Licenca.aspx?CodCategoria=47&CodSubCategoria=1&CodActividade=1151&CodLicenca=649&IdUnico=0](http://www.portaldaempresa.pt/cve/services/balcaodoempreendedor/Licenca.aspx?CodCategoria=47&CodSubCategoria=1&CodActividade=1151&CodLicenca=649&IdUnico=0)
- Wolbert, D. (2007). *Utilization of Visual Metrics to Drive Intended Performance*. USA: Massachusetts Institute of Technology.

Womack, J. (1990). *The Machine that Changes the world*. New York: Rawson Associates.

XC Consultores Lda. (Maio de 2014). Obtido de XC Consultores Lda.:
<http://www.xcconsultores.pt/empresa?op=apresentacao>

zagope.pt. (2014). Obtido em 01 de 04 de 2014, de
[http://www.zagope.pt/pt/SiteProjects.aspx?company=34386c6f-8d01-48a7-b96f-fe130d8764ba&country=fbbb7235-010c-4359-ac4a-62d41bcd2b01#!prettyPhoto\[iframes\]/0/](http://www.zagope.pt/pt/SiteProjects.aspx?company=34386c6f-8d01-48a7-b96f-fe130d8764ba&country=fbbb7235-010c-4359-ac4a-62d41bcd2b01#!prettyPhoto[iframes]/0/)

ANEXO A: Traçado da estrada por construir (PK 0+000 ao PK 30+000)



ANEXO B: Construção de uma obra rodoviária

Procede-se a uma breve descrição dos processos de construção de estradas baseada nas informações do caderno de encargos das Estradas de Portugal(estradasdeportugal.pt, 2009).

Das várias atividades de obras rodoviárias, serão abordadas as atividades de terraplanagem, drenagem e pavimentação.

Terraplanagem

Terraplanagem – também designado como movimento de terras, esta etapa pode ser explicada como o conjunto de operações necessárias para remoção de terras de locais onde se encontra em excesso para locais em que há falta, regularizando o terreno natural de acordo com o projeto a implantar. Representa a etapa construtiva que envolve mais meios humanos, materiais e equipamentos, correspondendo normalmente à etapa construtiva mais demorada na construção de uma estrada. A terraplanagem pode ser dividir por:

- **Trabalhos preparatórios;**

O início de um trabalho de terraplanagem passa sempre pela marcação das áreas de trabalho que estão planeadas. Nesta fase construtiva, os equipamentos desempenham um papel preponderante sendo fundamental a construção de boas vias de circulação com condições para o tráfego que nela vai existir de forma a impedir que haja formação de nuvens de poeira para que a visibilidade dos motoristas seja sempre boa e remover as lamas que forcem demasiado os equipamentos.

Após conclusão da estrada, os caminhos que serviram de auxílio à construção terão que ser recompostos para impedir que o escoamento das águas superficiais cause erosões capazes de pôr em causa a estabilidade de taludes e aterros.

- **Desmatção;**

Na desmatção é realizado a limpeza do terreno onde a construção vai ser efetuada. As superfícies que vão ser aterradas ou escavadas são desmatadas e são removidos todos os tipos de construções, pedras e raízes das árvores.

Os limites de desmatamento são definidos após o projeto de terraplanagem e a sua posição é referenciada através de dispositivos (varas ou estacas) que indicam os pés de aterro ou as cristas de talude denominadas “*off-sets*”, delimitando assim as áreas necessárias à implantação de escavações e aterros.

- **Demolição de construções;**

Nesta obra, devido à baixa densidade populacional onde a estrada foi construída não foi necessário efetuar demolição de construções.

- **Decapagem;**

A decapagem de terra vegetal é efetuada de acordo com as espessuras médias definidas no projeto. Estão incluídos nestes trabalhos a remoção de toda a matéria orgânica e também da terra vegetal, entulho, lixo ou qualquer outro material existente. O material da decapagem é armazenada para posteriormente ser utilizada na recomposição vegetal de taludes. Os locais escolhidos para depósito do material devem ter acesso direto à obra ou curta distância e devem ser escolhidos locais sem relevância paisagística.

Ainda na terraplanagem, existem dois tipos de movimentações de terras: escavação para remoção e aterro para acréscimo de terras.

Escavações: Muito do material que advém das escavações pode ser utilizado em aterros, através da movimentação de terra transversal ou longitudinal relativamente ao eixo da via, desde que os solos onde foi feita a escavação tenham as mesmas características definidas no projeto para aterro. Caso isso não aconteça, ou exista um défice de terras, é utilizada a escavação por empréstimo. Quando se recorre a empréstimos de solos, que apresentem as condições especificadas no projeto, deverão ser as mais próximas possíveis de forma a minimizar os tempos e custo de transporte. Através da Figura 40 é possível ver um exemplo de escavação na obra.



Figura 40 - Exemplo de uma escavação

Aterros: o material dos aterros deve estar isento de detritos, vegetação ou matéria orgânica e as áreas onde vai ser colocado deve ser previamente desmatado, desenraizado e aprovado pela fiscalização, que nesta obra é a Missão de Controlo (Figura 41).



Figura 41 - Fiscalização de uma camada de aterro

Na zona inferior do aterro devem ficar os solos de pior qualidade e as camadas seguintes melhorar até que na zona superior fiquem os de melhor qualidade, garantindo sempre as condições de escoamento de água. Ainda na zona inferior, o material deverá ser impermeável à água para que situações de inundações ou escoamentos superficiais de terrenos adjacentes não coloquem em causa a estabilidade da construção.

A realização de aterros deve ser executada em camadas sucessivas em toda a largura da secção transversal e em extensões que permitam a compactação e a humedificação do solo no caso de este não apresentar o teor de água pretendido.

No processo de compactação, o número de passagens dos cilindros, a velocidade de circulação e a quantidade de água necessária podem ser obtidas através da realização de um aterro experimental onde são realizados ensaios laboratoriais, definindo assim as condições técnicas de construção do aterro.

Estes devem ser executados de acordo com os perfis projetados ou com o caderno de encargos da obra, assegurando que se atinjam as cotas fixadas após os respetivos assentamentos.

Quando há a ocorrência de chuvas fortes, a água infiltra-se entre as zonas mal compactadas e as bem compactadas, formando superfícies de escorregamento e consequentemente deslizamentos parciais como mostra a Figura 42.

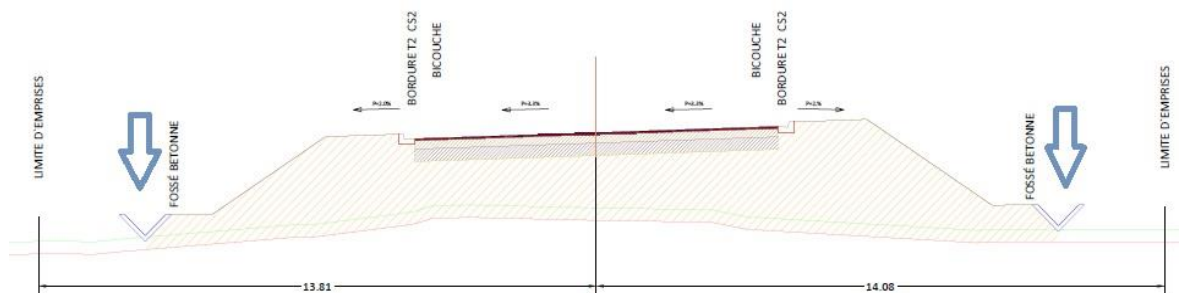


Figura 42 – Aterro após ocorrência de chuva

Drenagem

A drenagem longitudinal é utilizada para transportar as águas que incidem sobre o corpo e plataforma da estrada. Nesta obra os dispositivos de drenagem utilizados são:

- Valeta de Pé de Talude



- Valeta de Plataforma



- Valeta de Bordadura TC2S2



- Descidas de talude;

A construção e colocação dos dispositivos de drenagem deve ser executado de forma cuidada para evitar danos ou entupimentos, e de acordo com o estipulado no projeto.

A execução de valetas de plataforma e valetas de bordadura devem ser realizadas antes da camada de desgaste das bermas. Assim, as misturas betuminosas usadas na camada de desgaste rematam contra os órgãos de drenagem, evitando a execução de enchimentos posteriores com argamassas hidráulicas entre os dois materiais.

Este tipo de enchimento, muitas das vezes, causa fissuras nos dispositivos de drenagem, comprometendo assim o correto escoamento das águas superficiais.

Para além disso, a compactação destas misturas perto das zonas de remate camada de desgaste-valeta deve ser feita cuidadosamente, de modo a evitar a danificação das valetas. Nestes casos recomenda-se uma redução nos parâmetros de controlo exigidos para as condições normais de execução.

Drenagem transversal

A drenagem transversal é utilizada para restabelecer as linhas de água naturais quando é feito um aterro com uma altura superior ao terreno natural.

A passagem de linhas de água por vias de comunicação obriga na maioria dos casos à construção de passagens hidráulicas (Figura 43). Entre as principais causas de rutura e deterioração das passagens hidráulicas encontram-se a inadequada capacidade de vazão, tornando-se fundamental um levantamento dos cursos de água existentes.

As suas disposições construtivas devem estar de acordo com o caderno de encargos. A selagem das condutas deve ser bem executada por forma a garantir a estanquidade.



Figura 43 – Dallot.

Pavimentação

Executadas todas as camadas de terraplanagem, obtém-se uma superfície plana de circulação onde será colocado o pavimento. O dimensionamento e a constituição do betuminoso são de acordo com os seguintes parâmetros:

- Intensidade de tráfego;
- Tipo de tráfego;
- Velocidade máxima permitida;
- Clima predominante onde vai ser construída a estrada;

Existem dois tipos de camadas na constituição do pavimento:

- Camadas de desgaste – camada que assegura as características funcionais, contribuindo para a circulação em condições de segurança e de conforto. Nos pavimentos flexíveis, a camada de desgaste é constituída por uma mistura de agregados e betume, formando uma mistura betuminosa em que a distribuição das cargas faz-se para a camada subjacente, de regularização, também ela constituída por misturas betuminosas.

- Corpo do pavimento- finalidade desta camada é garantir a capacidade do pavimento em suportar as cargas de tráfego. São camadas construídas sobre a fundação (camada de regularização, base e sub-base) e podem ser granulares ou estabilizadas com ligantes, colocando o material de melhor qualidade e maior resistência em baixo.

A estabilização de bases (Figura 44) através de ligantes betuminosos, nesta obra, é efetuado por impregnação onde o ligante entra por capilaridade.



Figura 44 - Impregnação.

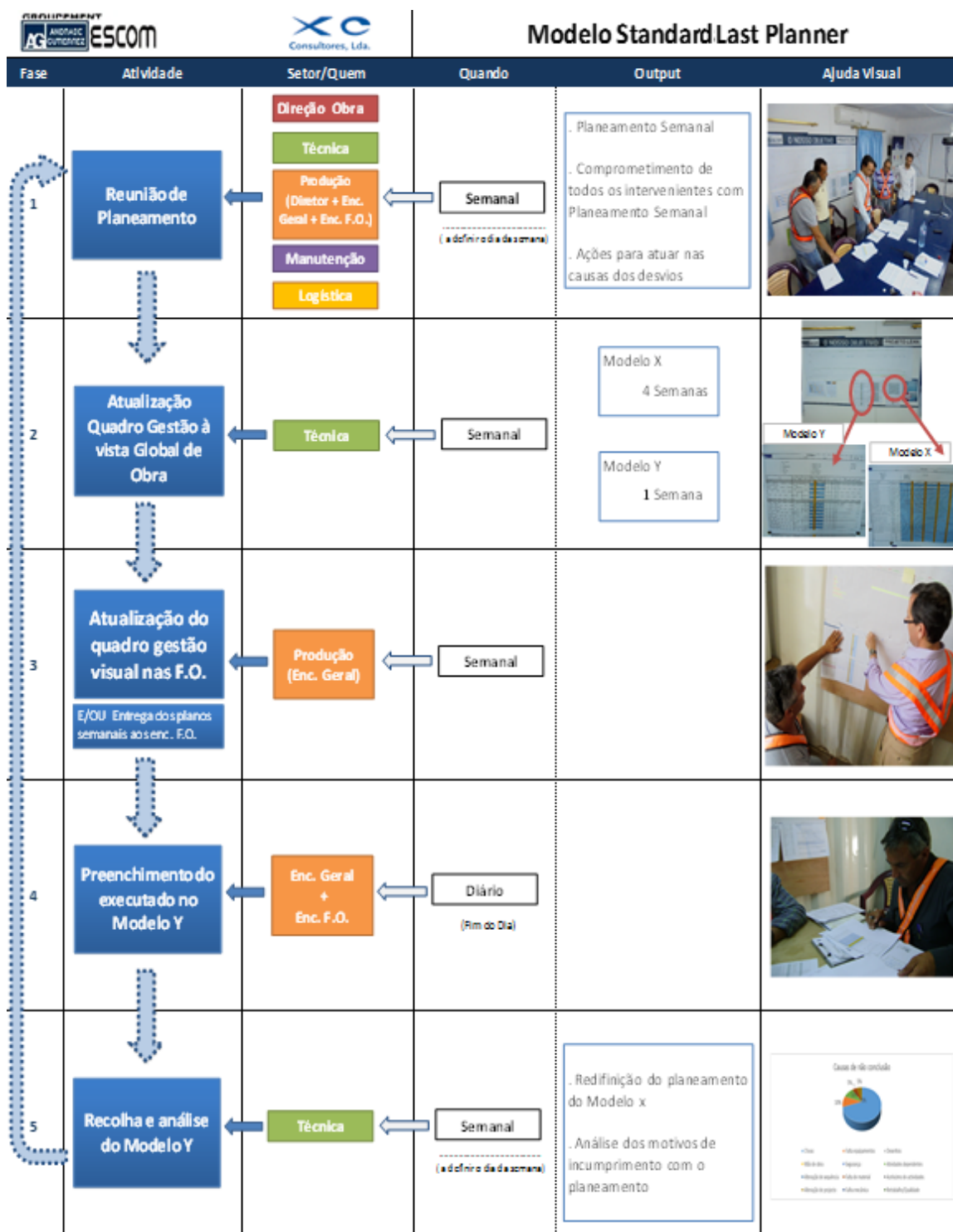
A camada de sub-base é construída diretamente sobre a fundação e é normalmente constituída por materiais granulares ou agregados britados que deverão ter espessuras e características definidas no projeto.

A diferença que existe entre a camada de base e sub-base deve-se às características de qualidade do material que as constitui. As exigências impostas ao material que constitui a base são superiores ao material que constitui a sub-base (Figura 45).

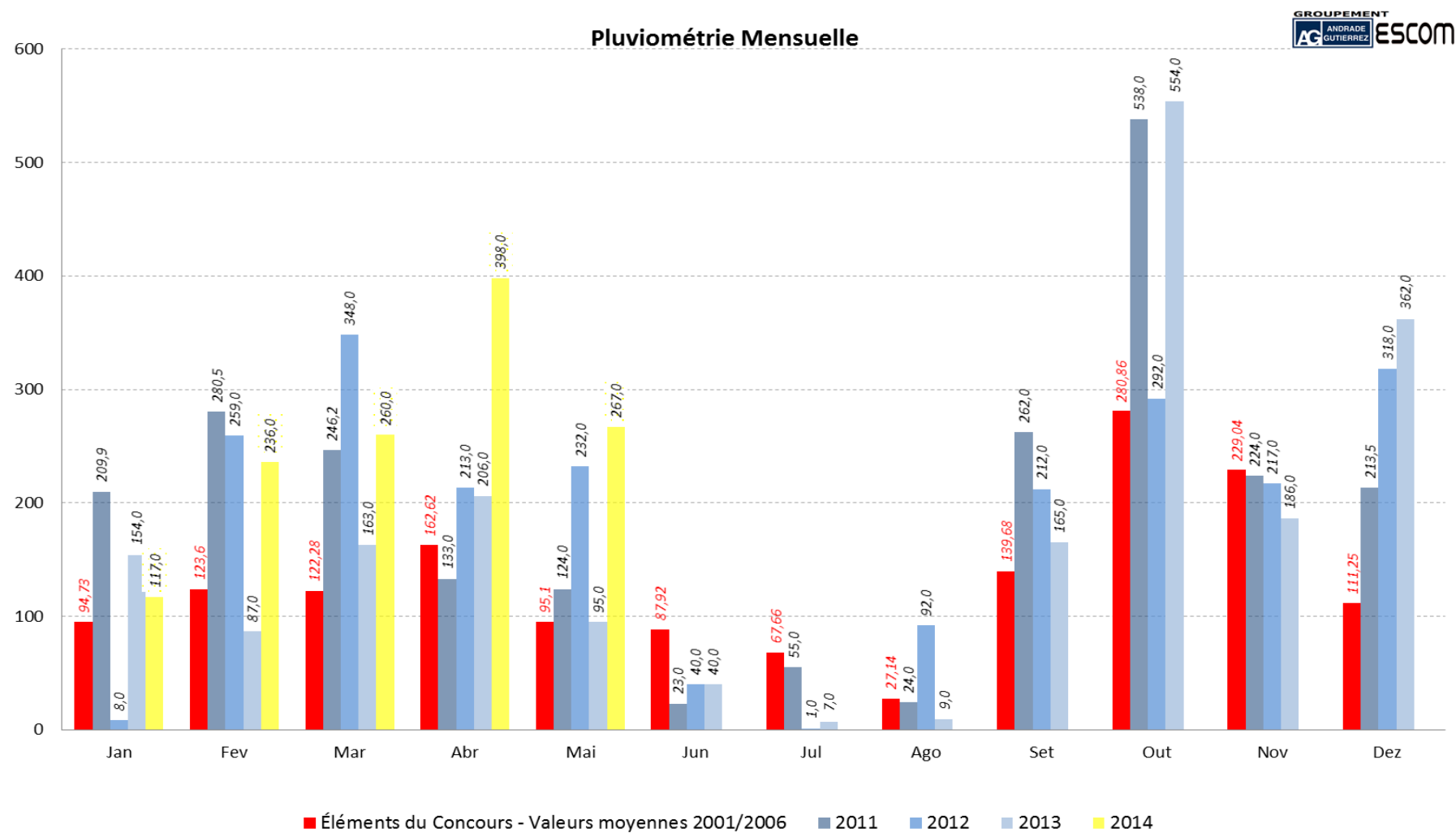


Figura 45 - Camada de *Tout Venant*.








Sendo a pavimentação a fase mais importante e a que mais custos envolve na construção de uma obra rodoviária, torna-se imprescindível o seu planeamento relativamente ao fornecimento do betuminoso, na disponibilidade dos equipamentos e a confirmação que todas as camadas tenham sido devidamente aprovadas pela Missão de Controlo.

ANEXO C: Modelo *standard* implementação *Last Planner*

ANEXO D: Índice de pluviosidade



ANEXO E: Plano inspeção mecânica

GROUPEMENT  ESCOM		INSPEÇÃO VISUAL MECÂNICA (20 minutos)		
NÚMERO	AJUDA VISUAL	ITENS	OK	NOK
1		Pneus / Suspensão / Travões Verificar Pneus (Pressão de ar, Cortes e Desgaste) Verificar Travões (fugas e desgaste calces) Verificar Suspensões (Estados das molas, Barras em V e Casquilos)		
2		Transmissão / Motor Verificar fugas de óleo no bloco e na caixa de transmissão e diferencial Verificar Correia Nível de água e óleo Diferenciais e veios de transmissão sem fissuras Verificar fugas de ar Verificar Ruído em funcionamento Verificar se a colmeia do radiador está suja Aquecimento excessivo		
2 b)		Sistema Hidráulico Vazamentos e Conexões Verificar Mangueiras e válvulas Fazer teste do sistema Hidráulico		
2 c)		Material Rodante Folga das Esteiras, peças soltas ou quebradas Verificar fugas e estado dos roletes Verificar Elos, Pinos e Bucha		
3		Segurança e Carroçaria Verificar Parachoques e chaparia Verificar Desempedimento por baixo do veículo Verificar desgaste das fendas Verificar funcionamento de luzes e piscas Verificar presença de parafusos no chassi		
4		Teste da Viatura na Cabine Verificar vidros Verificar cinto de segurança Verificar buzina / painel de controlo e Limpa Parábrisas Verificar direcção, Travão de mão e travão de pé Testes Caixa das velocidades e embraiagem, Arranque em 1ª e Arranque em Marcha atrás		






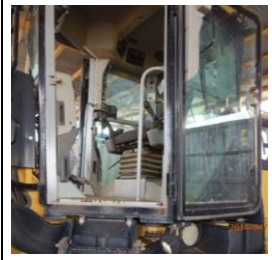
ANEXO F: Inspeção mecânica *Dumper*

GROUPEMENT  ESCOM			INSPEÇÃO VISUAL MECÂNICA (20 minutos)	
NÚMERO	AJUDA VISUAL	ITENS	OK	NOK
1		Pneus / Suspensão / Travões		
		Verificar Pneus (Pressão de ar, Cortes e Desgaste)		
		Verificar Travões (fugas e desgaste calces)		
2	 	Transmissão / Motor		
		Verificar Suspensões (Estados dos sinoblocos, Barras em V e Casquilos)		
		Verificar fugas de óleo no bloco e na caixa de transmissão e diferencial		
		Verificar Correia		
		Verificar nível de água e óleo		
		Verificar se existe fissuras nos diferenciais e veios de transmissão		
		Verificar fugas de ar		
3	 	Sistema Hidráulico		
		Verificar vazamentos e Conexões		
		Verificar Mangueiras e válvulas		
		Fazer teste do sistema Hidráulico		
		Verificar o desgaste das rótulas e dos cilindros		
4	  	Segurança e Carroçaria		
		Verificar desempedimento por baixo do veículo		
		Verificar desgaste e fendas		
		Verificar funcionamento de luzes e piscas		
		Verificar presença de parafusos no chassi		
		Verificar vidros		
		Verificar cinto de segurança		
		Verificar buzina / painel de controlo e Limpa Parábrisas		
		Verificar direcção, Travão de mão e travão de pé		
		Testes Caixa das velocidades e embraiagem, Arranque em 1ª e Arranque em Marcha atrás		

ANEXO G: Inspeção mecânica de giratória

GROUPEMENT  ESCOM		INSPEÇÃO VISUAL MECÂNICA (20 minutos)		
NÚMERO	AJUDA VISUAL	ITENS	OK	NOK
1		Pneus / Suspensão / Travões Verificar Pneus (Pressão de ar, Cortes e Desgaste)		
		Verificar Travões (fugas e desgaste calces)		
		Verificar Suspensões (Estados das molas, Barras em V e Casquilos)		
2	 	Verificar fugas de óleo no bloco e na caixa de transmissão e diferencial		
		Verificar Correia		
		Nível de água e óleo		
		Diferenciais e veios de transmissão sem fissuras		
		Verificar Ruído em funcionamento		
		Verificar se a colmeia do radiador está suja		
2 b)		Aquecimento excessivo		
		Sistema Hidráulico Vazamentos e Conexões		
		Verificar Mangueiras e válvulas		
2 c)		Fazer teste do sistema Hidráulico		
		Material Rodante Folga das Esteiras, peças soltas ou quebradas		
		Verificar fugas e estado dos roletes e rastos		
3		Verificar Elos, Pinos e Bucha		
		Segurança e Carroçaria Verificar desgaste e fendas		
		Verificar funcionamento de luzes e piscas		
		Verificar presença de parafusos no chassi		
		Verificar vidros		
		Verificar cinto de segurança		
		Verificar buzina / painel de controlo e Limpa Parábrisas		
		Verificar direcção, Travão de mão e travão de pé		
		Testes Caixa das velocidades e embraiagem, Arranque em 1ª e Arranque em Marcha atrás		




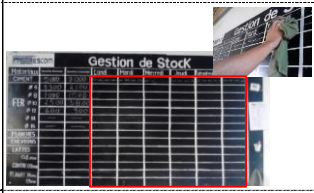



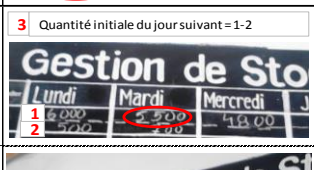

ANEXO H: Inspeção mecânica de uma motoniveladora

GROUPEMENT  ESCOM		INSPEÇÃO VISUAL MECÂNICA (20 minutos)		
NÚMERO	AJUDA VISUAL	ITENS	OK	NOK
1		Pneus / Suspensão / Travões Verificar Pneus (Pressão de ar, Cortes e Desgaste)		
		Verificar Travões (fugas e desgaste calces)		
		Verificar Tanders (fugas de óleo)		
2		Verificar fugas de óleo no bloco e na caixa de transmissão e diferencial		
		Verificar Correia		
		Nível de água e óleo		
		Diferenciais e veios de transmissão sem fissuras		
		Verificar Ruído em funcionamento		
2 b)		Sistema Hidráulico Vazamentos e Conexões		
		Verificar Manguueiras e válvulas		
		Fazer teste do sistema Hidráulico		
2 c)		Material de Desgaste Folga das Lâmina, peças soltas ou quebradas		
		Verificar fugas e estado do giro da lâmina		
		Verificar os cilindros		
3		Verificar desgaste e fendas		
		Verificar funcionamento de luzes e piscas		
		Verificar presença de parafusos no chassi		
		Verificar vidros		
		Verificar cinto de segurança		
		Verificar buzina / painel de controlo e Limpa Parábrisa		
		Verificar direcção, Travão de mão e travão de pé		
		Testes Caixa das velocidades e embraiagem, Arranque em 1ª e Arranque em Marcha atrás		

ANEXO I: Estudo de poupança instalação PK 20+000

Tipo de Equipamento	Nome de Equipamento	Necessidade porta- máquinas	Distância [Km]	Consumo [l/Km]	Custo [€]	Custo PK 20 [€]		
Rolo compactador	CO 044	Sim	96	0,888	571,16	59,50		
	CO 045							
	CO 047							
	CO 057							
	IRIE							
	MALALA							
	MANJO							
	MBOM							
	OKIA							
	OKO							
Motoniveladoras	BAGANGTE	Sim	96	0,888	342,70	21,43		
	BEYLA							
	ETOMBI							
	LOUNGE							
	MISSAKILA							
	VOUMA							
Escavadora	LESSIA	Sim	96	0,888	285,58	22,31		
	PE 011							
	PE 020							
	PE 034							
	PITA							
Trator de pneus	OBOKO	Não	96	0,793	51,03	5,32		
Bulldozer	BU 015	Sim	96	0,888	57,12	5,95		
Espalhadora	LISALA	Sim	96	0,888	57,12	5,95		
Camião Tanque	MAMI	Não	96	0,287	18,46	1,92		
	ROGER		96	0,420	26,99	2,81		
Camião Basculante	ALASSANE	Não	96	0,629	40,46	4,21		
	ALBEIROS			0,633	40,74	4,24		
	ALSENY			0,600	38,59	4,02		
	BAD			0,579	37,22	3,88		
	CB 554			0,405	26,07	2,72		
	CB 555			0,490	31,52	3,28		
	CB 557			0,391	25,13	2,62		
	CHIMACONGO			0,374	24,08	2,51		
	EKAKA			0,489	31,45	3,28		
	NQUENGE			0,400	25,73	2,68		
	NTAM			1,067	68,61	7,15		
	OKONGO			0,433	27,87	2,90		
	PORY			0,529	34,03	3,54		
	QUIBENZE			0,489	31,45	3,28		
	Total:				1.893,09 €	197,20 €		

ANEXO J: Procedimento do quadro gestão consumíveis

			Procédure du Tableau de Gestion de Stocks		
Fase	Quand	Qui	Activité	Matériaux	Support Visuel
1		Pointeur (Dany; Armand) + Equipe	Compter stock existant de chaque materiel (l'exclusion du fer - voir dans le SAGE)	Feuille de gestion de Stock + Stylo	
1.1	Lundi - 7h		Comparer la quantité final de la dernière journée de la semaine (vendredi ou samedi), avec la quantité comptabilisé. Avertir Chefs du magasin de las différences de Stock.	Feuille de gestion de Stock remplie.	
1.2		Pointeur (Dany; Armand)	Effacer quantités du lundi au samedi dans le tableau	Chiffon	
1.3			Remplir les nouvelles quantités dans le tableau	Craie	
2	Chaque fois qu'il y a sortie de materiel du magasin	Pointeur (Dany; Armand)	Pointer les quantites de materiaux qui sort dans le tableau	Craie	 <p>1 Quantité initiale</p>  <p>2 Quantité totale qui est sorti .</p>
3			Faire l'addition des quantites qui on sortir et faire la subtraction au stock de la journee anterieur	Craie; Calculatrice	 <p>3 Quantité initiale du jour suivant = 1-2</p>
3.1	Fin de chaque journee	Pointeur (Dany; Armand)	Advertir Stock inferieur au Stock minimum	Postit	

ANEXO L: Padrões de equipa da Central de Britagem

Jour	M1	hora inicio	Tempo	Periodo
Encarregado	Inspecção ao tapete		20 min	diário
	Inspecção aos roletes		20 min	diário
	Supervisionar Eq. 1) e 2)			
Equipe A	Afinições do primário + Secundário	07:00	40 min	diário
	óleo da transmissão do secundário	07:40	25 min	diário
	Lubrificação do crivo	08:05	20 min	diário
	<i>Final preventiva diária ></i>	<i>08:25</i>		
	Lubrificação do primário	--	10 min	50 horas
Equipe B	Revisão do redutor do crivo	07:00	20 min	diário
	Limpeza geral da instalação	07:20	60 min	diário
	Limpeza dos filtro de ar	08:20	15 min	diário
	<i>Final preventiva diária ></i>	<i>08:35</i>		
	Lubrificação do tapete transportador	--	75 min	2x semana
Entretien	M2	hora inicio	Tempo	Periodo
Equipa C	Escavadeira (L+A+F)	07:00	30 min	diário
	1 Dumper (L+A+F)	07:30	30 min	diário
	Compressor (L+A+F)	08:00	20 min	diário
	Prefuratriz (L)	08:20	20 min	diário
	Carregadeira (L+A+F)	08:40	40 min	diário
	2 camiões (L+A+F)	09:20	40 min	diário
	2 Geradores (L+A+F)	10:00	30 min	diário
	<i>Final preventiva diária ></i>	<i>10:30</i>		
Nuit	M3	hora inicio	Tempo	
Encarregado	Inspecção ao tapete		20 min	
	Inspecção aos roletes		20 min	
	Supervisionar Eq. 1) e 2)			
Equipe D	Afinições do primário + Secundário	17:30	40 min	
	<i>Final preventiva diária ></i>	<i>18:10</i>		